

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

**Návrh a implementace řízení pohonné jednotky skipového
vrátku vysoké pece**

**Design and Implementation of Power Unit Control of Blast
Furnace Skip Hoist**

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Karel Mikeš**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 2601T004 Měřicí a řídicí technika

Téma: **Návrh a implementace řízení pohonné jednotky skipového vrátku vysoké pece**
Design and Implementation of Power Unit Control of Blast Furnace Skip Hoist

Zásady pro vypracování:

Práce v teoretické části uvádí předpoklady pro tvorbu aplikačního software pro PLC a tvorbu vizualizace pro řízení pohonné jednotky skipového vrátku vysoké pece. Stručnou formou seznamuje s funkčním popisem technologie, technologickým schématem a dispozičními výkresy. Praktická část práce zahrnuje tvorbu software pro PLC Simatic, tvorbu simulace technologie a vizualizace na zobrazovací panel Simatic Multipanel.

Body zadání:

1. Seznámení se se vstupními podklady pro řízení technologie.
2. Uvedení předpokladů pro tvorbu aplikačního software pro PLC, tvorbu simulace a vizualizace.
3. Návrh a implementace uživatelského software pro PLC Simatic S7 300.
4. Návrh a realizace simulace technologie.
5. Návrh a tvorba vizualizace pro zobrazovací panel Simatic Multipanel.
6. Otestování kompletního řídicího systému s využitím simulace řízeného systému. Diskuze dosažených výsledků.
7. Zhodnocení a závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BERGER, Hans. *Automating with STEP 7 in STL and SCL*. 5th revised and enlarged edition. Erlangen, Germany: Publicis Publishing, 2009. 543 s. ISBN 978-3-89578-341-8.
 - [2] BERGER, Hans. *Automating with SIMATIC*. 4th revised and enlarged edition. Erlangen, Germany: Publicis Publishing, 2009. 236 s. ISBN 978-3-89578-333-3.
 - [3] ŠULC, Bohumil a Miluše Vítečková. *Teorie a praxe návrhu regulačních obvodů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 333 s. ISBN 80-01-03007-5.
 - [4] Interní podklady firmy Ingeteam a.s.
- Vstupní podklady projektu, funkční popis technologie, technologická schémata a dispoziční výkresy.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

*Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.*


.....
Bc. Karel Mikeš

Datum odevzdání diplomové práce: 9. 5. 2013

Poděkování

Rád bych poděkoval svým kolegům a především svému vedoucímu z firmy Ingeteam a.s. panu Ing. Jaroslavu Tyšerovi za cenné rady a připomínky spojené s řešením mé práce.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a realizací řídicího systému skipového vrátku vysoké pece a vizualizační aplikace. Teoretická část práce seznamuje s funkčním popisem celé technologie, použitými komponenty a programovacími nástroji firmy Ingeteam a. s.. Hlavním cílem práce je vytvořit řídicí program pro PLC v prostředí Siemens Simatic Step7 a simulační aplikaci technologie v programu WinMOD pro otestování funkčnosti. Poslední část práce popisuje vizualizační aplikaci operátorského panelu ve vývojovém prostředí TIA Portal WinCC pro diagnostikování a nastavení řídicího systému. Postup vývoje a popis funkčnosti jednotlivých aplikací je uveden v praktické části této práce.

Klíčová slova

Skipový výtah, skipový vrátek, Simatic, PLC, HMI, Operátorský panel, WinMOD, Step7, TIA Portal WinCC.

Abstract

Diploma thesis describes the design and implementation of the control system blast furnace skip winch and visualization application. The theoretical part introduces a functional description of the technology, used components and programming tools company Ingeteam a.s. The main objective is create a control program for the PLC in the authoring environment Siemens Simatic Step7 and application of simulation technology in the WinMOD to test the functionality. The last part describes the visualization application for operator panel in the authoring environment TIA Portal WinCC for the diagnosis and control system. Process of development and functional description of each application is given in the practical part this thesis.

Key Words

Skip hoists, Skip winch, Simatic, PLC, HMI, Operator panel, WinMOD, Step7, TIA Portal WinCC.

Seznam použitých symbolů a zkratek

Zkratka / Symbol	Vysvětlení
ALM	Active Line Module
BF	Blast Furnace
BLT	Bell Less Top
CPU	Central Processing Unit
DB	Data Block
FB	Function Block
FC	Function
GSD	Generic Station Description
HMI	Human-Machine Interface
IO	Input / Output
LCB	Local Control Box
MMC	Multi Media Card
MPI	Multi-Point Interface
OB	Organization Block
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	OLE for Process Control
PC	Personal Computer
PG	Programming Device (Programmierung Gerät)
PID	Piping and instrumentation Diagram
PIW	Peripheral Input Word
PLC	Programmable Logic Controller
PQW	Peripheral Output Word
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SD	Secure Digital
SH	Store House
TIA	Totally Integrated Automation
TP	Touch Panel
UDT	User Data Types
USB	Universal Serial Bus
V/V	Vstup / Výstup
VAT	Variable Table

1	Úvod.....	1
2	Funkční popis skipového vrátku	2
2.1	Detailní popis komponent.....	2
2.2	PI diagram	5
2.3	Instrumentační, motorová listina	5
2.4	Funkční popis řízení	5
3	Komponenty řídicího systému.....	12
3.1	PLC Siemens Simatic S7 – 300.....	13
3.2	Profibus	15
3.3	Ethernet	16
3.4	Simatic Touch panel Comfort	16
3.1	Sinamic S120 a řídicí jednotka CU320 2DP	17
3.2	Absolutní enkodér Sick – A3M60.....	18
4	Definiční listiny	19
4.1	Deflist objektů	19
4.2	Deflist struktur.....	20
4.3	Komunikační interface objektů	22
5	PLC program	23
5.1	Simatic Step7.....	24
5.2	HW Konfigurace PLC skipového vrátku.....	26
5.3	Funkční bloky.....	27
5.4	Funkční bloky periférií	31
6	Simulace technologické části	34
6.1	WinMod.....	34
6.2	Simulace technologie skipového vrátku	35
7	HMI aplikace	42
7.1	TIA Portal WinCC.....	42
7.2	Vlastní Aplikace	43
7.3	Faceplate.....	44
7.4	PopUp obrazovky	46
7.1	Hlavní obrazovky	47
8	Testování řídicí a vizualizační aplikace	48
9	Závěr.....	50
	Použitá literatura	51
	Seznam příloh	52

1 Úvod

V současné době jsou automatizované procesy využívány v našem každodenním životě, především v průmyslu je automatizace neoddělitelnou součástí. Pojmy „Efektivní řízení průmyslové výroby“, „Reakce na výrobní události a snímání dat ze zařízení v reálném čase“ a „zvyšování požadavků na kvalitu a spolehlivost“ jsou hlavní důvody použití řídicích systému.

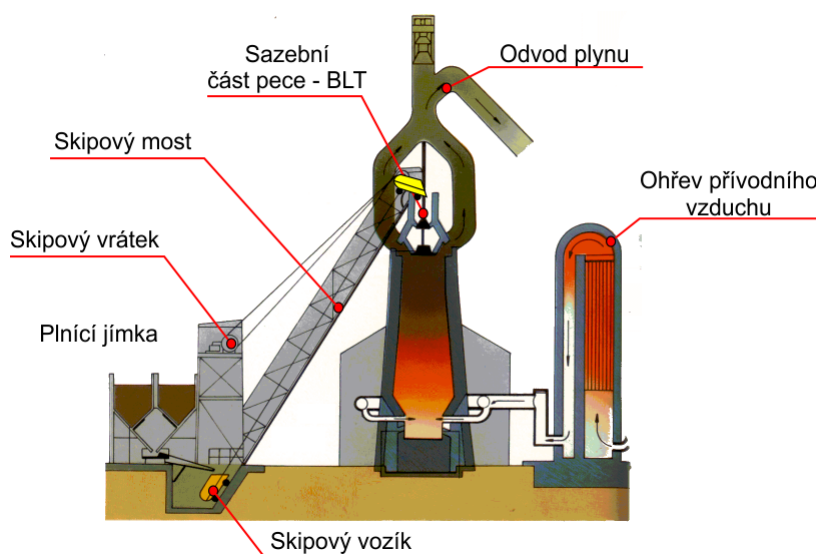
Skipový vrátek je zakázka firmy „Paul Wurth, a.s.“ pro turecké železářny „Kardemir a.s.“. Řídicí systém skipového vrátku včetně elektroinstalace byl připraven společností Ingeteam a.s. sídlící v Ostravě. Skipový výtah slouží pro zavážení vysoké pece koksem a železnou rudou.

Tato práce se v úvodu zabývá zpracováním funkčního popisu skipového vrátku, funkčního popisu řízení a vstupními podklady pro tvorbu aplikačního software PLC. Seznamuje s použitými komponenty řídicího systému, především od značky Siemens. V následujících kapitolách je uveden postup tvorby aplikace pro PLC a simulační aplikace pro testování kritických situací a chování řídicího software. Na závěr je popsána tvorba vizualizační aplikace pro operátorský dotykový panel sloužící k rychlému diagnostikování celého systému.

Hlavním cílem této práce je vytvoření robustního software, který ovládá pohony skipového vrátku tak, aby i při poruše některých komponent došlo k přepnutí do nouzového stavu a proces tažení skipového vozíku a následné zavezení vysoké pece vsázkou byl dokončen dle harmonogramu nadřazeného systému. Neméně důležitým cílem této práce je vytvoření vizualizační aplikace, která umožní operátorovi vrátku diagnostikovat a v co nejkratším čase lokalizovat jakoukoliv poruchu na zařízení.

2 Funkční popis skipového vrátku

Skipový vrátek slouží pro zavážení vysoké pece železnou rudou, koksem a dalšími přísadami. Skládá se z navíjecího mechanismu, ocelových lan umístěných ve středu skipového mostu a dvou skipových vozíků. Mechanismus pohybuje skipovými vozíky oběma najednou tak, že vozíky jsou vždy v opačných polohách. Pokud se levý vozík v nakládací jámce plní vsázkou, pravý vozík je v horní - sazební části pece a naopak. Skipový výtah je řízen podle časového plánu řídicím systémem vysoké pece nebo v případech poruchy operátorem z ovládacího pultu v místnosti skipového vrátku.



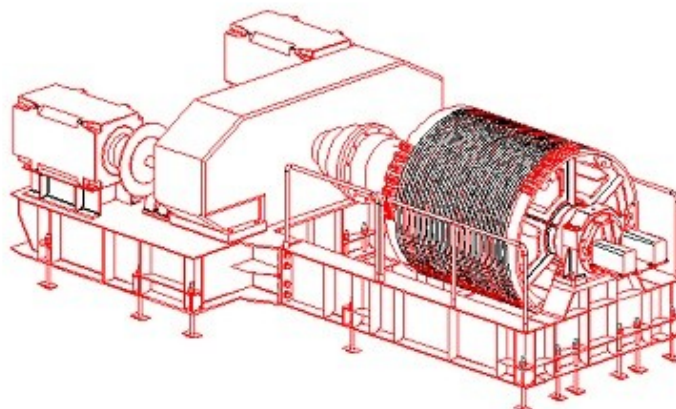
Obr. 1: Vysoká pec

2.1 Detailní popis komponent

Mechanické prvky skipového výtahu:

- Navíjecí lanový buben
- Převodovka
- Bajonetová spojka
- Kotoučové brzdy

Vrátek je poháněn dvěma motory uchycenými v hlavním rámu. Oba motory by měly pracovat po celou dobu paralelně, se stejným momentem zatížení. Mechanický moment je přenášen na hlavní převodovku, která otáčí lanovým bubnem. Na bubnu jsou dva páry ocelových lan, pro každý skipový vozík jeden.



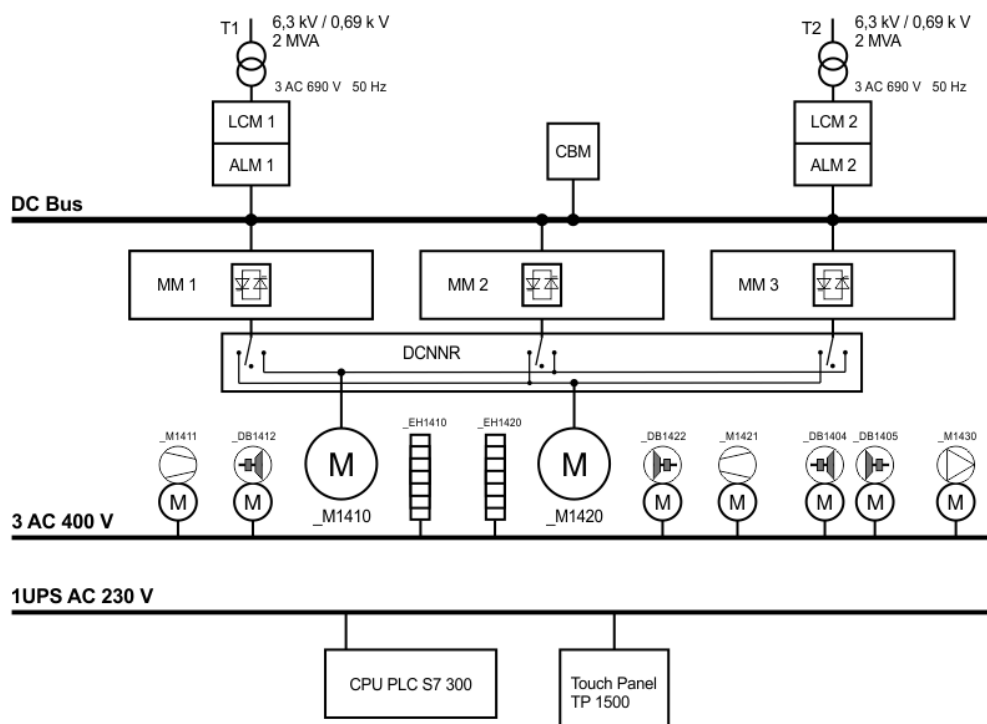
Obr. 2: Mechanismus skipového vrátku

2.1.1 Napájení

Silové napájení 3 x 690 V / 50 Hz je realizováno dvěma silovými přívody z transformátorů VN / 0,69 kV. Skipový vrátek je napájen z obou přívodů, avšak jeden přívod je schopen napájet celý systém, při výpadku druhého přívodu.

Pomocné napájení 3 x 400 V / 50 Hz je přivedeno nezávisle na silových přívodech a slouží pro napájení chladicích ventilátorů, kotoučových brzd, kontrolních modulů, osvětlení a větrání.

Pro napájení PLC, operátorského panelu a dalších zobrazovacích a ovládacích zařízení je přiveden nezávislý zdroj napájení z UPS 230 VAC / 50 Hz.



Obr. 3: Schéma napájení a napětových úrovní

2.1.2 Usměrňovací jednotky ALM

Usměrňující jednotky „Active Line Module“ primárně slouží jako napájecí moduly pro vytvoření regulovaného napájení stejnosměrného meziobvodu pro frekvenční měniče v modulárním provedení. Sekundárně rekuperují přebytečnou energii z meziobvodu zpět do elektrické sítě. Stejnosměrné napětí meziobvodu je regulováno na konstantní hodnotu bez ohledu na kolísání napětí napájecí sítě (pokud je kolísání v únosných mezích). ALM jednotky nevytvářejí žádné harmonické zkreslení, jsou vhodné pro připojení do sítí s uzemněným středním vodičem (TN, TT) i do sítí bez uzemněného středního vodiče (IT). Důležitou součástí ALM je dolnoproustný filtr s přednabíjecím obvodem.

2.1.3 Odpojovač, pohony motorů

Odpojovač je zařízení s 6 přepínači, pomocí kterých je možno zvolit, který frekvenční měnič bude připojen k motoru 1 a který k motoru 2. Pro pohánění motorů jsou k dispozici tři tyristorové frekvenční měniče. Při normálním provozu by měly pracovat dva z nich a jeden je záložní pro případ poruchy nebo servisování. Záložní měnič může být připojen během krátké chvíle pouze přenastavením odpojovače. Nicméně chod skipového vrátku musí být po tuto dobu zastaven.

Frekvenční měniče – „Motorové moduly“ jsou umístěny v modulárním skříňovém provedení, které se používá pro vysoce výkonné aplikace v průmyslovém strojírenství. Použití skříňových modulů je vhodné v aplikacích, kde několik jednotek musí pracovat společně v koordinaci. Pohonný systém se skládá z několika motorových modulů, které jsou připojeny na společný stejnosměrný meziobvod. Takto spojené moduly umožňují vzájemnou výměnu energie a tím odlehčují přírodní napájení.

V aplikaci skipového vrátku jsou frekvenční měniče v módu regulace Master-Slave, kdy jeden je v otáčkové regulaci (master) a část momentu je přeposílán druhému (Slave). Rychlost skipových vozíků a sdílení momentu zátěže je řízeno z PLC. Při brzdění motorů je mechanická energie vracena zpět do stejnosměrného meziobvodu a rekuperují se do el. sítě prostřednictvím usměrňujících jednotek ALM.

2.1.4 Motory

Skipový vrátek je poháněn dvěma motory značky SIEMENS typu 1PQ8 457 6PM70. Jsou navrženy tak, aby byl zajištěn nepřetržitý provoz. V případě poruchy jednoho motoru, je druhý schopen pohybovat skipovými vozíky s plným zatížením.

Motory jsou chlazené samostatně řízeným ventilátorem. Na každém motoru je jeden ventilátor. Aby nedošlo ke kondenzaci vlhkosti, jsou motory vybaveny elektrickým ohřívačem. Ohřívače jsou zapnuty vždy, když motor není poháněn frekvenčním měničem. Ventilátory jsou spuštěny během chodu motorů a dále 30 minut po zastavení. V běžném provozu jsou požadavky na tažení skipů k sazební části pece častěji, tudíž se ventilátory nevypínají.

Specifikace motoru:

Typ: SIEMENS – 1PQ8 457 6PM70

Un: 690V AC, 50Hz

Výkon: 780 kW / 800A

Jmenovité otáčky: 993 rpm

Ochrany IP55, Isolation class F

6x Pt100 – na vinutích motoru

Snímače 2x Pt100 – na ložiscích hřídele motoru

1x Impulzní inkrementální senzor

2.1.5 Brzdy

Skipový výtah používá dvě kotoučové brzdy na hřídeli motorů. Brzdný účinek je zajištěn pružinami. Při výpadku napájení se brzda automaticky upne. Brzdy nejsou určeny pro pravidelné brzdění skipového vozíku. Rychlost by měla být frekvenčním měničem motoru snížena na minimální rychlost a až poté jsou aktivovány brzdy. Pro nouzové případy je možné použít bezpečnostní brzdy na lanovém bubnu k zastavení vozíků z plné rychlosti a při plném zatížení.

U brzd je použit senzor opotřebení brzdových destiček a je zde kladen velký důraz na plnou funkčnost a bezpečnost.

2.2 PI diagram

„Piping and Instrumentation diagram“ (Diagram zobrazující technologické části a měření procesních veličin) je zobrazen v příloze IV. této práce. Zobrazuje rozmístění jednotlivých senzorů a spínačů na skipovém výtahu.

2.3 Instrumentační, motorová listina

Instrumentační listina je v příloze č. V. této práce. Uvádí soupis jednotlivých senzorů a pohonů použitých na vrátku skipového výtahu, jejich typ a způsob zapojení k řídicímu systému.

[2]

2.4 Funkční popis řízení

Pro pochopení funkčnosti celého zařízení, specifickým požadavkům pro vytváření řídicího systému slouží funkční popis řízení. Obsahuje popis jednotlivých stavů, způsobu chování systému, způsob obsluhy a popisuje za jakých podmínek je možné systém provozovat.

Před spuštěním skipového vrátku je důležité zvolení provozních režimů a parametrů:

2.4.1 Ovládací režim

Vrátek je možno ovládat z několika míst, výběr je nastaven operátorem z nadřazeného systému BF – „Blast Furnace“ :

- **REMOTE** – Jedná se o vzdálené řízení, automatické regulace z nadřazeného systému, operátorem z kontrolní místnosti pro řízení BF.
- **LOCAL CONTROL BOX** – Rozumíme ovládací pult, umístěný v hale skipového vrátku.
- **WINCH PANEL** – Dotykový panel s vizualizací je umístěn v rozvodně pro frekvenční měniče.

Navzdory zvolenému módu jsou nouzová Stop tlačítka stále připraveny k aktivaci na všech stanovištích.

2.4.2 Provozní režim

Provozní režim je zvolen operátorem BF. Jeho výběrem může být:

- **MOTOR 1** – Celý vrátek pohání pouze první motor.
- **MOTOR 1 + 2** – Standardní režim, vrátek je poháněn oběma motory ve společné koordinaci. Motory si rozdělují moment zatížení „LoadShare“. Koordinace rozdělení zatížení je řízena z PLC.
- **MOTOR 2** – Obdobně jako v prvním případě je vrátek tažen pouze druhým motorem.

Pro změnu provozního režimu musí být splněny základní podmínky.

- Skipový vrátek nesmí být v chodu.
- Motor, který chceme uvést do provozu, i jeho pohonná jednotka musí být bez kritické poruchy a musí být připraven k chodu.

Pohon motoru, který není zvolen pro pohánění vrátku, musí být z bezpečnostních důvodů odpojen od napájecí sběrnice i od motoru. Za těchto předpokladů je možné provádět servis a případné změny v pohonu bez nutnosti odstavit celý vrátek a chod vysoké pece.

Skipový vrátek je navržen pro tažení normálního zatížení 26 t materiálu, ale stejně tak i při přetížení je nutné zajistit, aby při poruše jednoho pohonu byl druhý pohon schopen dokončit vyložení bez přerušení chodu.

2.4.3 Spuštění vrátku

Před spuštěním chodu skipového vrátku musí být splněny tyto podmínky:

- Chod brzd – Všechny musí být napájeny, v poloze kdy zabraňují pohyb motorům i navíjecího bubnu a nesmí být aktivní signalizace obroušeného obložení.
- Ocelová lana – vedoucí od vrátku ke skipovým vozíkům nesmí být prověšená nebo uvolněná.

- Motory – Motor určený k chodu musí být napájen, respektive jemu určený pohon musí být připraven a bez poruchy. Teplota vinutí i teplota na ložiscích musí být nižší než nastavený varovný (i kritický) alarm. Chladicí systém musí být připraven a bez poruchy.
- Skipový vrátek nesmí být v koncové pozici pro zvolený směr

Příkaz START vrátku může být udělen z operátorského stanoviště BF nebo se souhlasem operátora BF z dotykového panelu HMI. Před spuštěním je důležité určení, který skipový vozík bude tažen vzhůru k sazební části pece a který do plnicí jímky.

Pokud jsou splněny startovací podmínky a je přijat signál START, jsou aktivovány všechny potřebné spínače napájení, obvody a frekvenční měniče. Brzdy jsou zablokované, dokud není dosažen budící proud a hnací moment motoru pro zajištění bezpečného a plynulého rozjezdu skipového vozíku. Poklesnutí skipových vozíků při startu vrátku je nepřijatelné.

2.4.4 Pohyb vrátku

Vrátek bude provozován podle časového harmonogramu. Cesta skipového vozíku z plnicí jímky až k sazební části vysoké pece je rozdělena na sedm fází. V každé fázi je definována délka trasy, kterou musí skipový vozík urazit; rychlost, kterou bude tažen a zrychlení (resp. zpomalení). Zlomové místa mezi fázemi jsou signalizovány spínači (tzv. „Phase check point“ : P0 – P6)

Poloha je určována několika způsoby, které navzájem potvrzují správnost vyhodnocení polohy skipových vozíků:

- 2 absolutní enkodéry
- 2 vačkové snímače na hřídeli navíjecího bubnu
- 2 x 4 indukční spínače na skipovém mostě.

Jednotlivé fáze trasy:

- **F1 – Primární zrychlení**

Pokud je vydán příkaz START a všechny předpoklady jsou splněny, začnou pohony motorů vyvíjet moment, který je potřebný k akceleraci skipového vozíku z Check Point P0 do P1. Vzdálenost P0-P1 je cca 1 metr a zrychlení skipového vozíku je $0,2 \text{ m/s}^2$.

- **F2 – Sekundární zrychlení**

Po dosažení bodu P1 je akcelerace zvýšena na $0,4 \text{ m/s}^2$. Druhá fáze je ukončena ve chvíli, kdy motory dosáhnou nominálních otáček a skipový vozík nominální rychlosti $2,8 \text{ m/s}$.

- **F3 – Rovnoměrný pohyb**

Skipový vozík stoupá k sazební části pece konstantní rychlostí po skipovém mostě. Vzdálenost mezi bodem P0 a P3 (konec fáze F3) je cca 84,5 m.

Rychlost skipového vozíku je kontrolována senzorem SS1401 (viz. PI diagram). Kdykoliv při překročení 115% nominální rychlosti tzn. 3,2 m/s dojde k rychlému zastavení vrátku.

- **F4 – Zpomalení před S-křivkami**

Mezi Check Pointy P3 a P4 by měl skipový vozík snížit rychlost na 0,5 m/s tzn. akcelerace vozíku je zde $-0,6 \text{ m/s}^2$. Zpomalení je kontrolováno v bodě P4R (cca. 1 m před bodem P4), pokud rychlost skipového vozíku je vyšší než 1,0 m/s dojde k rychlému zastavení vrátku.

- **F5 – S-křivky**

Průjezd S-křivkami, z bodu P4 do bodu P5, je dovolen max. rychlostí 0,5 m/s. Při překročení rychlosti 25% nominální rychlosti tzn. 0,7 m/s dojde k rychlému zastavení vrátku. Kontrola rychlosti vozíku je opět senzorem SS1401.

Při průjezdu S-křivkami je v bodě P5R kontrolován signál „BLT READY“ („Bell Less Top – Ready“) z nadřazeného řídicího systému vysoké pece. Pokud signál není v „log 1“, je vrátek na tomto místě plynule zastaven. K pokračování pohybu skipového vozíku dojde, až když je signál „BLT READY“ zaslán z BF.

- **F6 – Zastavení v sazební části**

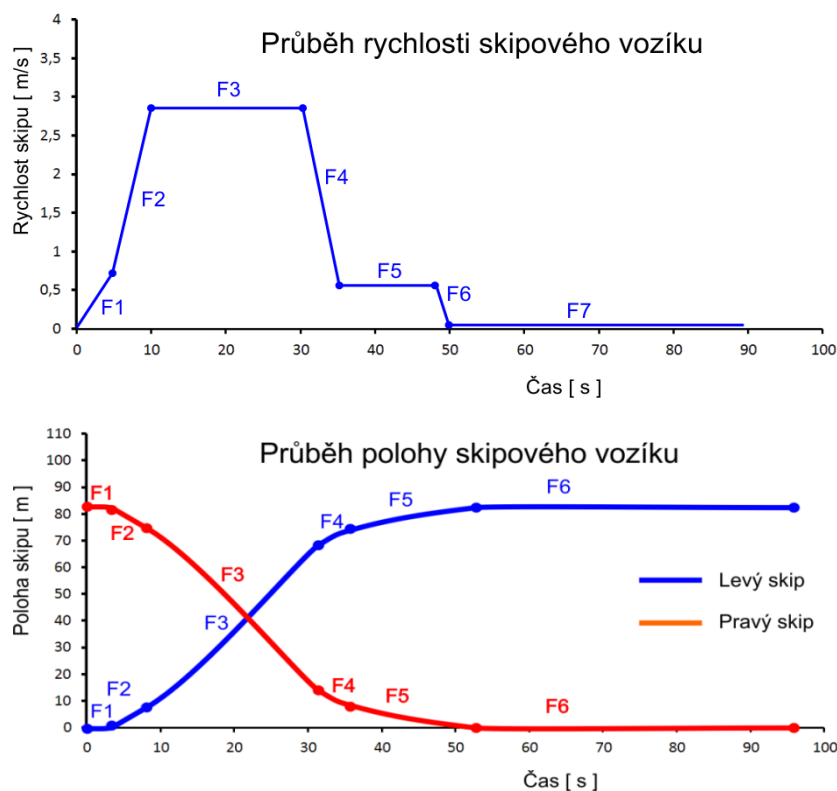
Zastavení v sazební části vysoké pece je akcelerací skipového vozíku $-0,6 \text{ m/s}^2$.

Vozík musí plynule zastavit v konečném Check point bodě P6. Bod P6 je signalizován koncovým spínačem na skipovém mostě ZS1440.03 (SKIP ON TOP) pro levý skipový vozík a ZS1440.07 pro pravý vozík. V bodě P6 jsou aktivovány brzdy motoru DB1412 a DB1422. Pokud nedojde k zastavení skipového vozíku v bodě P6 a je aktivován koncový spínač ZS1440.04 nebo ZS1440.08 (SKIP PASSED TOP) je vynuceno rychlé zastavení vrátku brzdou na navíjecím bubnu.

- **F7 – Stání na vrcholu sazební části a vyprázdnění**

Při zastavení v bodě P6 je skipový vozík zabrzděn, nakloněn a svůj obsah nákladu rudy a koksů se sype do zásobníku sazební části vysoké pece („Bell Less Top Hopper“). Zatímco jeden vozík sype svůj náklad do zásobníku, druhý je v nakládací jímce a probíhá jeho plnění vsázkou.

Skipový vrátek pracuje podle časového plánu, dokud není zastaven operátorem nebo dokud není aktivován EMERGENCY STOP.



Obr. 4: Časové průběhy polohy a rychlosti skipového vozíku

2.4.5 Datová výměna s BF a SH

Mezi PLC skipového vrátku a nadřazeným systémem vysoké pece probíhá výměna řídicích signálů prostřednictvím přímého propojení logických vstupů a výstupů. Při zachování malého počtu signálů, je z hlediska bezpečnosti toto řešení spolehlivější než výměna dat pomocí Ethernetu.

Data z PLC skipového vrátku do systému BF (vysoké pece):

- Skipový vrátek připraven k chodu
- Skipový vrátek v poruše
- Levý skip v plnicí jímce - bod P0
- Levý skip za bodem P5
- Levý skip v sazební části pece – bod P6
- Pravý skip v plnicí jímce - bod P0
- Pravý skip za bodem P5
- Pravý skip v sazební části pece – bod P6
- Nouzové zastavení aktivováno
- Levý skip je tažen nahoru
- Pravý skip je tažen nahoru
- Skipový vrátek v AUTO módu – dálkově řízen z BF
- Skipový vrátek v LOCAL módu – ovládání z ručního panelu

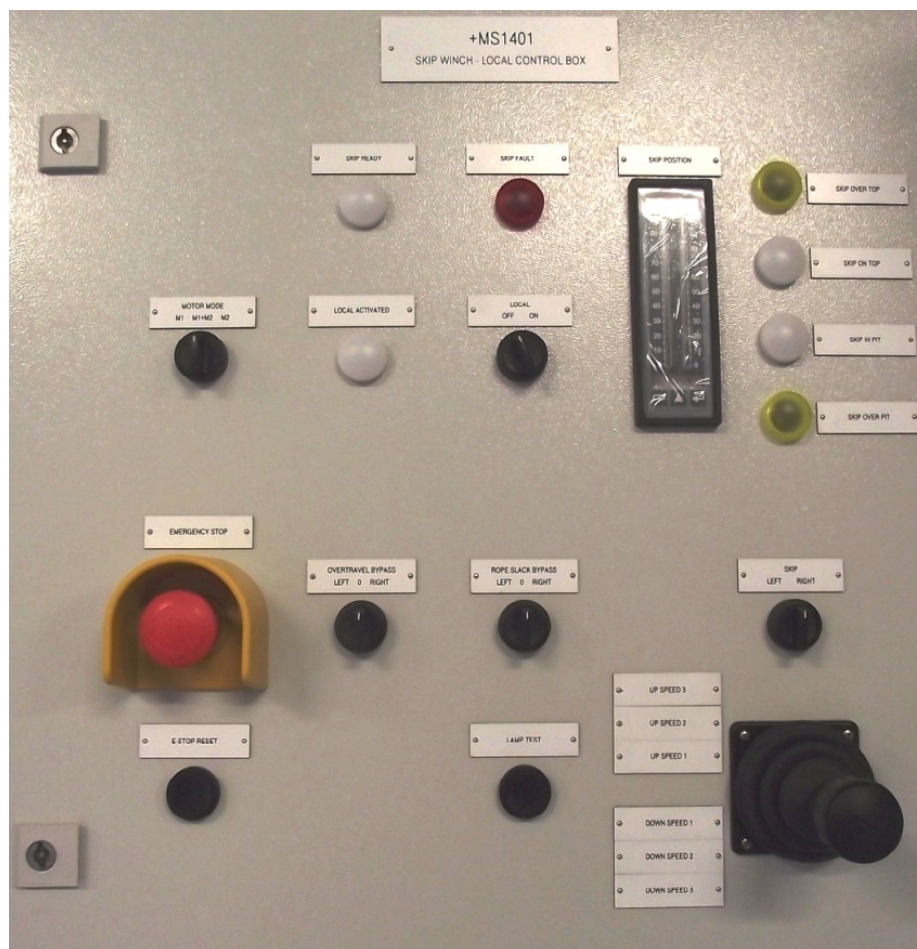
Data přicházející z BF do PLC skipového vrátku:

- BLT – Připraven pro vsázku
- Aktivace nouzového zastavení
- Žádost k tažení levého skipu vzhůru
- Žádost k tažení pravého skipu vzhůru
- Povolení ovládání z LOCAL ručního panelu

2.4.1 Lokální mód

Při výskytu poruchy systému nebo ztráty spojení s řídicím systémem je potřeba dodržet časový plán zavážení vysoké pece vsázkou. K tomu slouží „Lokální mód“. Operátor musí zažádat řídicí systém vysoké pece o možnost přepnutí ovládání do ovládacího panelu. Provede nastavení provozního režimu (který motor bude použit pro tažení skipových vozíků) přepínači na panelu a zvolí, který skip bude tažen vzhůru k sazební části pece. K řízení pohybu je použit 7-polohový pákový ovladač – joystick. Stane-li se že skipový vozík je vtažen na koncový spínač skipového mostu, který způsobí rychlé zastavení, operátor má možnost tento koncový snímač zablokovat a vrátit skipový vozík zpět do operační polohy. Zobrazení polohy vozíku je pomocí sloupcového bargrafu s číselnými hodnotami. Nouzové zastavení vrátku je realizováno nouzovým tlačítkem, které způsobí aktivování hydraulické brzdy na lanovém bubnu a odstavení pohonů obou motorů. Rychlosti vrátku pro jednotlivé polohy pákového ovladače se definují přes obrazovku s konstantami na dotykovém panelu.

Hlavním smyslem lokálního módu je možnost ovládání vrátku i v situacích, které řídicí systém vyhodnocuje jako kritické nebo při působení poruch, které nedovolují spuštění chodu v automatickém režimu, avšak nejsou ohroženy funkce řídicího systému. Zodpovědnost přebírá operátor a všechny jeho činnosti jsou zaznamenávány do paměti vizualizační aplikace dotykového panelu pro případnou analýzu.



Obr. 5: Lokální ovládací panel skipového vrátku

2.4.2 Alarmy

Všechny alarmy a události se zobrazují na grafickém dotykovém panelu umístěném v místnosti rozvaděčů a frekvenčních měničů skipového vrátku. Alarmy jsou zde uloženy v paměti vizualizační aplikace skipového vrátku na dobu jednoho měsíce. Řídicí systém vrátku není vybaven rozsáhlým paměťovým prostorem ani tiskárnou pro archivaci důležitých alarmů poruch a událostí. Tyto důležité informace jsou přeposílány nadřazenému systému řízení vysoké pece, kde jsou archivovány, popřípadě tištěny operátorem BF.

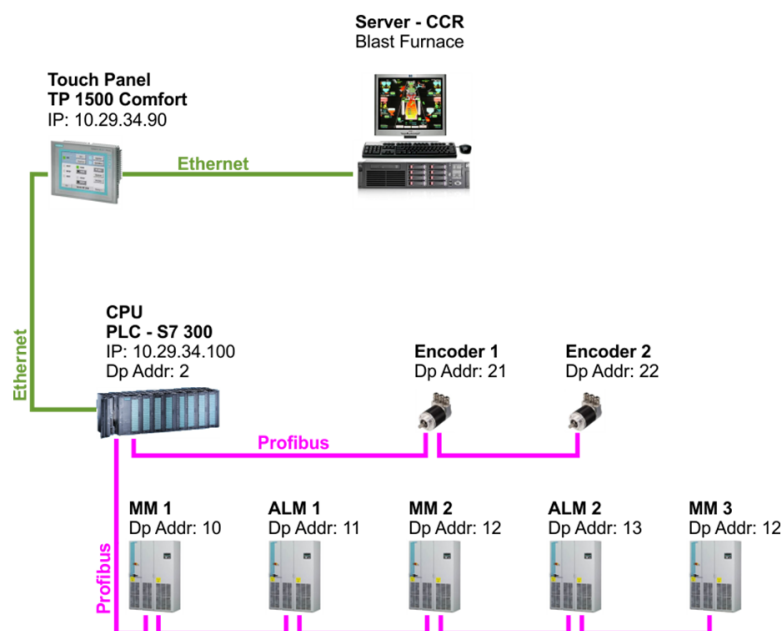
Alarmy a události rozdělujeme do následujících skupin:

- Distribuce napájení silových a ovládacích prvků
- Diagnostikování frekvenčních měničů
- Diagnostikování motorů a brzd
- Provoz skipového vrátku
- Vlastní diagnostikování řídicího systému
- Příkazy z nadřazeného řídicího systému
- Příkazy z lokálního řízení

[1]

3 Komponenty řídicího systému

Hardware a jednotlivé komponenty použitého řídicího systému jsou již specifikovány v podkladech pro řešení této diplomové práce.



Obr. 6: Konfigurace Ethernetu a Profibusu

Systém je složen velkou měrou z komponent společnosti Siemens. Srdcem řídicího systému je PLC řady S7-300. K údržbě, monitorování a lokálnímu řízení vrátku je použit dotykový panel TP1500Comfort, který je společně s PLC připojen k nadřazenému systému vysoké pece pomocí Ethernetu. Pohony vrátku a usměrňovací jednotky komunikují s PLC po sběrnici Profibus, obdobně jako Enkodéry. Všechny ostatní senzory a spínače jsou připojeny k digitálním a analogovým vstupům PLC. Ovládací stykače pro chladicí ventilátory a tepelné ohřívače jsou řízeny kartami digitálních výstupů. Detailní popis PLC a použitých karet uvádí tabulka č. 2.4.1. a kapitola 3.1.1.

Objednací číslo	Popis	Parametry	Počet
6AV2124-0QC02-0AX0	Dotykový HMI panel	24VDC, TP1500 COMFORT, 15"	1
6ES7307-1KA02-0AA0	PLC zdroj 24 V	IN:120/230VAC OUT:24VDC/10A, PS307	1
6ES7315-2EH14-0AB0	CPU	24VDC, S7-300, CPU 315-2PN/DP	1
6ES7321-1BL00-0AA0	Modul digitálních vstupů M	32xDI, 24VDC, SM321	5
6ES7322-1BL00-0AA0	Modul digitálních výstupů M	32xDO, 24VDC, I _{max} =0.5A, SM322	2
6ES7331-7PF01-0AB0	Modul analogových vstupů M	8xAI RTD, SM331	2
6ES7390-1AF30-0AA0	Rack	S7-300, L=530MM	1
6ES7953-8LL20-0AA0	Paměťová karta MMC	S7-300, 2MB	1

Tabulka 2.4.1: Komponenty řídicího systému

3.1 PLC Siemens Simatic S7 – 300

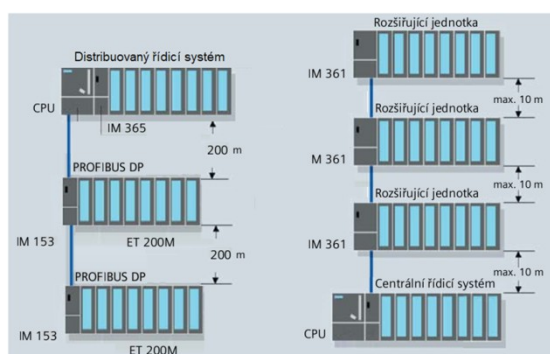
SIMATIC S7-300 je nejrozšířenějším řídicím systémem od společnosti Siemens. Vznikl na základě požadavků zákazníků na kompaktní provedení řídicího systému s širokým rozsahem funkcí, vysokou rychlostí zpracování instrukcí a příznivou cenou. Využívá se ve všech oblastech průmyslu na celém světě, především pak v Evropě. Nabízí systémová řešení se zaměřením především na výrobní procesy a technologie. Nejnovější CPU jsou vybaveny rozhraním Profibus a Profinet pro řešení distribuovaného konceptu řízení, ale stále jsou vhodné i pro centralizovaný systém.

Nejčastěji se uplatňují v následujících oblastech:

- automobilový průmysl
- výroba jednoúčelových strojů a zařízení
- sériová výroba strojů a zařízení
- zpracování plastů
- balicí průmysl
- potravinářský a tabákový průmysl
- vodárenství, výroba, rozvod el. energie a další

V nabídce společnosti Siemens jsou různá provedení s modifikacemi standardního CPU S7-300:

- **Safety CPU S7-300F** – pro aplikace s certifikovanými bezpečnostními funkcemi s využitím safety modulů vstupů a výstupů.
- **Technologické CPU S7-300T** – se nasazuje do aplikací kde je vysoký nárok na rychlost reakce a akčních zásahů především při řízení polohy nebo regulace technologických procesů.
- **Kompaktní CPU** – integrace HMI panelu a CPU do jednoho celku je ideální kombinace pro drobná zařízení s nedostatkem prostoru. Kompaktním CPU označujeme i takové, které je přímo vybaveno digitálními vstupy nebo jinými moduly.
- **Distribuované CPU** – jedná se o zabudování CPU do distribuovaných modulů ET200s a ET200M pro předzpracování signálů a měřených veličin.



Obr. 7: Distribuovaný a rozšířený centralizovaný koncept řídicího systému

U malých aplikací se používá centralizovaným koncept řízení – tzn. 1 CPU a max. 8 modulů vstupů a výstupů ve stejné jednotce – „Rack“. V případech, kdy je potřeba přidat více vstupu, výstupů, čítačů nebo např. modulů pro komunikaci po sběrnici „ModBus“, je možné centralizovaný systém rozšířit až na 4 jednotky s 8 moduly v každé z nich. Komunikace mezi jednotky je zajištěna připojovacími moduly, které komunikují do vzdálenosti 10m. Maximální počet takto rozšířeného systému je 1024 v/v.

Vyžaduje-li rozlehlost řízené aplikace větší vzdálenosti, je vhodné zvolit distribuovaný koncept. Moduly vstupů a výstupů jsou vsazeny do rozšiřujícího modulu IM (např. IM-153) – vzniká modul ET200s nebo ET200M. S CPU jsou ET200 připojeny přes síťové rozhraní Profibus nebo Profinet. Maximální počet v/v při použití Profibusu je až 65 536.

Pro nahrání programu CPU do RAM po zapnutí se využívá paměťová karta MMC, tudíž odpadá nutnost použití zálohovací baterie jako u S7-400. Lze zde uložit i data, které nesouvisí s programem PLC, jako jsou naměřené hodnoty nebo kartu lze využít pro zálohování celého projektu s komentáři a symbolickými adresami pro snazší údržbu.

3.1.1 Parametry komponentů PLC v aplikaci skipového vrátku:

- SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP:
 - 384 kByte Pracovní paměti RAM,
 - Interface MPI/DP – 12Mbit/s,
 - Interface Ethernet / Profinet – 2 porty
 - Maximální kapacita MMC karty: 8 Mbyte
 - Maximální počet bloků (FB, DB, FC) : 1024
 - Pracovní teplota 0 – 60 °C
 - Doba zpracování instrukcí: Bit 0.05μs; word 0.09μs, integer 0.12μs
floating point 0.45μs
- Digitální vstupy SM 321 – 32 DI, 24 V
 - Napájení: 20.4 – 28.8 V
 - Optické galvanické oddělení
 - HW přerušení – Ne
 - Diagnostické funkce – Ne
 - Max. napájecí proud pro dvoudrátové senzory: 1.5 mA
- Digitální výstupy SM 322 – 32 DO, 0.5 A
 - Napájení: 20.4 – 28.8 V
 - Optické galvanické oddělení
 - Diagnostické funkce – Ne
 - Rezistivita zátěže 48 Ω – 4 kΩ
- Analogové vstupy SM 331 – 8 AI

- Měření s termočláanky – hodnota teploty: $10 \cdot t [^{\circ}\text{C}]$
- Připojitelné termometry: Cu10, Ni100, Ni1000, Ni120, Ni200, Ni500, **Pt100**, Pt1000, Pt200, Pt500
- Další připojitelné rezistivity 0 – 150 Ω , 0 – 300 Ω , 0 – 600 Ω
- Parametrizace linearizace – Ano
- Diagnostické funkce – Ano
- Max. napájecí proud pro 2 drátové senzory: 1.5mA

[i4]

3.2 Profibus

Process Field Bus je nejrozšířenější sběrnici řídicích systémů v automatizaci. Používá se pro nižší a střední výkony komunikačních přenosů informací mezi perifériemi. Je určena pro všechny oblasti automatizace. Vychází z otevřeného komunikačního modelu ISO/OSI. Vytváří komunikační rozhraní pro připojení malých pasivních zařízení i výkonných automatizačních zařízení PLC, operátorských panelů, řídicích jednotek pohonů atd. Její otevřenost je garantována normou EN 50170. Hlavním důvodem takového rozšíření v automatizaci je množství výrobců a komponent, které tento komunikační standart podporují a využívají.

Profibus prošel od svého vzniku v první polovině 80. let 20. století vývojem, aby splňoval požadavky současných standardů a norem pro řídicí systémy. Dnes je zastoupen v těchto modifikacích:

- **Profibus - DP** – je určen pro komunikaci na nejnižší úrovni řídicího systému mezi distribuovanými vstupy a výstupy, senzory a pohony. Nositelem informace a komunikačním médiem je kroucená dvojlinka nebo optické vlákno. Předností této modifikace Profibusu je rychlá odezva a rychlost přenosu informací, avšak je určen pro malé objemy dat.
- **Profibus - FMS** – slouží jako standart pro přenášení velkých objemů dat mezi jednotlivými řídicími celky, SCADA systémy, či vizualizačním zařízením operátora. Je určen pro práci v heterogenním prostředí (výměna dat mezi různými výrobci) kde není kladen důraz na rychlost odezvy. Dnes je nahrazován Ethernetovým rozhraním.,
- **Profibus - PA** – Je rozšířením Profibusu-DP pro prostředí s nebezpečím výbuchu. K zamezení jiskřivosti je použita pro přenos informací proudová smyčka podle standardu IEC 1158-2.

V aplikaci skipového vrátku komunikují všechny zařízení s PLC metodou Master-Slave, kdy komunikaci řídí CPU v PLC. Pouze usměrňující jednotky ALM si navzájem vyměňují informaci o rozdělení zatížení napájení stejnosměrného meziobvodu měničů. Tato komunikace je přímá Slave-Slave a dosahuje rychlosti odezvy $< 2\text{ms}$. Ostatní zařízení na Profibusu komunikují pouze s PLC podle definovaného interface. viz. Kapitola 4.3 Komunikační interface objektů.

3.3 Ethernet

Rozhraní Ethernet vzniklo v 70. letech 20. Století v laboratořích firmy Xerox. Uplatňuje se zde systém náhodného přístupu ke komunikačnímu médium s detekcí kolize. Ethernet byl postupně standardizován organizací IEEE a normou ISO 8802-3 do nynější podoby a modifikací, např.:

- IEEE 802.3a 10Base2 – přenos po tenkém koaxiálním kabelu
- IEEE 802.3i 10BaseT – kroucená dvojlinka a zapojení v topologii „Hvězda“
- IEEE 802.3ae 10GBase – optické vlákno
- IEEE 802.3af – Využití napájení zařízení po Ethernetu

První Ethernet byl tvořen koaxiálním kabelem, který byl 90. letech 20. století nahrazen krouceným párem, což umožnilo vytváření rozsáhlejších sítí s hvězdicovou topologií. Následně byl vyvinut „Switch“, který umožnil další rozšíření a spojování sítí. V roce 2002 přichází plně duplexní režim 10Gb/s Ethernetu s použitím optických vláken.

V dnešní době je Ethernet rozšířen do automatizačních aplikací řídicích systémů. Oproti klasickému komerčnímu Ethernetu a sítím Internet je deterministický. Průmyslový Ethernet je používán pro monitorování řídicího systému nebo jeho ovládání operátorem, nebo v modifikaci Profinet, která rezervuje část komunikačního kanálu pro Real-Time zprávy. Zavedením Standardu Profinet RT a Profinet IRT pro časově kritické procesy se Profinet v dnešní době používá i pro nejnižší vrstvu řídicího systému, pro distribuované vstupy a výstupy, senzory nebo pro komunikaci s řídicími jednotkami pohonů.

Řídicí systém skipového vrátku je připojen pomocí ethernetu k nadřazenému systému vysoké pece. Přenášejí se pouze aktuální alarmy a události, které byly systémem zaregistrovány. Není zde kladen důraz na časový determinismus přístupu k médium, řídicí signály jsou řešeny pomocí digitálních vstupů a výstupů PLC, proto není nutné použít standard Profinetu.

[7]

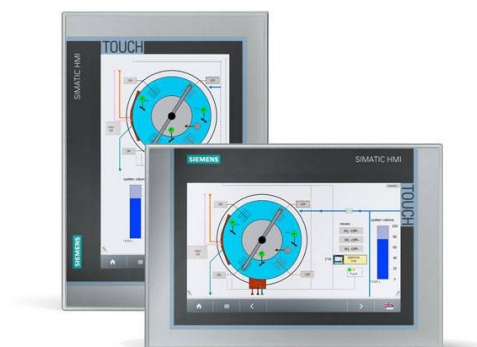
3.4 Simatic Touch panel Comfort

Pro zajištění funkčnosti a snadného ovládání složitých automatizačních aplikací je nutné použít robustné a intuitivní vizualizační prvky. Vizualizační ovládací panely firmy Siemens z nové řady Simatic HMI Comfort jsou vhodné pro aplikace menších rozsáhlostí nebo pro jednotlivé části technologických celků. Nabízejí integrované diagnostické funkce, snadné uvedení do provozu a zabezpečení dat na vysokém stupni. Charakteristické vlastnosti jsou:

- Kvalitní TFT displej v rozmezí 4 až 22“
- Ovládání dotykem na obrazovku nebo funkčními klávesami
- Archivace dat na úložiště USB, SD kartu, Sdílený prostor na Ethernetu
- Funkce Windows CE: Internetový prohlížeč, čtení Word, PDF a Excel dokumentů, přehrávání videa v programu Media Player
- Nastavení podsvícení displeje
- Klient OPC

- Oddělení Profinetu řídicího systému a interní podnikové sítě pomocí druhého ethernetového rozhraní (panely 15“ a více)
- sm@rt server i klient
- Připojení: Profibus, Profinet, MPI
- Diagnostické funkce pro Siemens S7 komponenty na síti

HMI panely Comfort se programují pomocí nového software TIA Portal WinCC.



Obr. 8: Simatic HMI Touch Panel 1500 Comfort

3.1 Sinamic S120 a řídicí jednotka CU320 2DP

Sinamic S120 je modulární frekvenční měnič pro náročné aplikace pohonů především v oblasti „Motion control“ na výrobních strojích. Je navržen pro vysoce dynamické polohování a synchronizaci více os. Pro náročné aplikace je předurčen ve spojení s řídicím systémem pohonů „Simotion D“. Podobně je možno nadřadit i technologické CPU z řady Simatic. Vyrábí se ve výkonech dosahující 4,5MW na el. sítích 690 V.



Obr. 9: Simatic S120 v kabinetovém modulárním provedení a řídicí jednotka CU320

Měnič S120 se skládá z napájecího modulu, motorového modulu a řídicí jednotky. Jednotlivé moduly jsou propojeny sběrnici Drive-CLiQ, jenž je uzavřenou sběrnici firmy

Siemens. Pro napájení je možné použít usměrňující jednotky „Active line moduly“ a společný stejnosměrný meziobvod pro výměnu energie mezi více měniči.

Řídicí jednotka CU320-2 DP je navržena pro řízení více pohonů. Jedna řídicí jednotka je schopná řídit až 12 pohonů v U/f regulaci nebo 6 pohonů v servo/vector módu. Řízení jednotka provádí prostřednictvím DriveCLiQ. S použitím adaptérů CUA31 a CUA32 je možné řídit samostatné výkonové motorové moduly. Jednotka obsahuje Safety funkce normy EN ISO 13849–1 pro bezpečné zastavení motorů a zajištění bezpečnostních norem celého systému.

[6], [11]

3.2 Absolutní enkodér Sick – A3M60

A3M60 basic od firmy Sick spol. s r. o. se vyznačuje použitím elektro-magnetické technologie snímání polohy, která je citlivější než u enkodéru s metodou optického snímání.

Drobný magnet je připevněn k hřídeli enkodéru a při rotačním pohybu vytváří změnu v magnetickém poli snímacího vinutí.

Elektromagnetické snímání zaručuje bezporuchový chod bez opotřebení pohyblivých částí. Další vlastnosti A3M60 enkodéru jsou:

- Maximální využitelnost stroje dokonce za extrémních podmínek prostředí
- Počet rozlišitelných kroků na jedno otočení: 8 192
- Maximální počet rozlišitelných kroků: 67 108 864
- Upínací příruby, servopříruby, nástrčná dutá hřídel
- Integrované rozhraní Profibus
- Víceotáčkový
- Třída krytí IP67

Profibus interface:

- Z enkodéru do PLC:
 - Double word – Snímaná pozice
 - Word – Snímaná rychlost otáček
 - Word – Časový údaj
- Z PLC do enkodéru
 - Double word – Kalibrační hodnota polohy



Obr. 10: Enkodér Sick A3M60 basic

[12]

4 Definiční listiny

Definiční listiny jsou soubory vytvořené v programu Microsoft Excel. Popisují řídicí systém pro programování aplikačního softwaru PLC i pro tvorbu vizualizační aplikace, pro malé operátorské dotykové panely nebo i rozsáhlé SCADA aplikace. Definiční listiny se dělí na dva druhy. Pro každé PLC je vytvořena listina objektů, které bude dané PLC řídit – Deflist Objektů. Jiným druhem definiční listiny je tzv. „Deflist MAIN“. Jedná se o popis jednotlivých komunikačních interface a použitých UDT struktur funkčních bloků ve výše zmíněných objektech.

4.1 Deflist objektů

Deflist objektů nese název PLC, které popisuje např.: „Deflist PLC1“. Jsou zde definovány názvy a vlastnosti jednotlivých objektů, od jednoduchých digitálních senzorů, pohonů, analogových měření až po složité funkční celky.

Group	Symbol	Type	Struct	DB	Description
// CPU					
diagnostics					
CpuDiag	CpuDiag	Group	CpuDiag	110	Cpu Diagnostics
SkipWinch	SkipWinch	Group	Group	500	Skip Winch
// Drum					
Drum	TI1401	AnMeas	AnMeas	1101	Gear Box - Oil Temperature
Drum	LI1401	DgMeas	DgMeas	1102	Gear Box - Oil Level
Drum	SS1401	AnMeasSPD	AnMeasSPD	1110	Skip Overspeed Sensor
Drum	DB1404	BrakeSKP	Brake	1402	Disc Brake 3
// FREQUENCY					
CONVERTERS					
SkipWinch	MM1	Vvvf	Vvvf	1301	Frequency Converter MM1
SkipWinch	MM2	Vvvf	Vvvf	1302	Frequency Converter MM2
SkipWinch	MM3	Vvvf	Vvvf	1304	Frequency Converter MM3
// Left Skip					
SkipWinch	Lft_Skp	Group	Group	550	Left Skip
Lft_Skp	Lft_Enc	Enc	Enc	1401	Left Skip Encoder
Lft_Skp	Lft_CamSw	CamSw	CamSw	1403	Cam Switch A
// Motor 1					
SkipWinch	Motor1	Group	Group	650	Motor 1
Motor1	M1411	DrvOnOff	DrvOnOff	1601	Cooling Fan
Motor1	DB1412	BrakeM	Brake	1602	Disc Brake 1
Motor1	EH1410	DrvOnOff	DrvOnOff	1603	Electrical Heater
Motor1	TE1410_01	AnMeas	AnMeas	1604	Winding U-1
Motor1	TE1410_03	AnMeas	AnMeas	1605	Winding V-1
Motor1	TE1410_05	AnMeas	AnMeas	1606	Winding W-1
Motor1	TE1410_07	AnMeas	AnMeas	1607	Front Bearing
Motor1	TE1410_08	AnMeas	AnMeas	1608	Rear Bearing

Obr. 11: Část definiční listiny pro Objekty PLC skipového vrátku

Deflist objektů je sestaven z PI diagramu a instrumentační a motorové listiny. Každý řádek představuje jeden senzor, pohon nebo technologický celek. Pro sestavení deflistu objektů je určen následující postup:

- nastudování funkčního popisu aplikace a významu jednotlivých senzorů a pohonů,
- rozdělení celé technologie do několika skupin „Group“, kterým budou přiřazeny senzory a pohony týkající se dané části technologie. K těmto skupinám se přistupuje obdobně jako k jednotlivým senzorům a jsou stejně zaneseny do definiční listiny objektů.
- Rozmístění jednotlivých senzorů a pohonů do jednotlivých skupin,
- každému senzoru, skupině a pohonu je přiřazeno unikátní jméno – symbolická adresa.
- Každému objektu je definován typ funkčního bloku v programu PLC, kterým bude objekt obslužen, vyhodnocován a diagnostikován.
- Struktura objektu definuje vnitřní stavy, možné poruchy a interface objektu s vizualizační aplikací.
- V objektovém programování používáme jeden předpis funkčního bloku a vytváříme instance, každý objekt má definovaný svůj paměťový prostor – datový blok v PLC
- Pokud je objekt spojen s měřením fyzikální veličiny, je zde uveden rozsah, v kterém senzor pracuje a jednotka snímané veličiny.
- Pro některé objekty jsou generovány tzv. Objekt Texty – slouží pro doplnění informace alarmového hlášení. Např. všechny pohony mohou vyhlásit poruchu jistícího prvku. Označení jistícího prvku je unikátní pro každý objekt a zde je využit objekt text. Poruchové hlášení se zobrazuje ve tvaru:

Pro chladicí ventilátor: _M1411 – Circuit breaker tripped – „MS1400_F11“

Pro antikond. ohřívač: _ET1410 - Circuit breaker tripped – „MS1400_F14“

4.2 Deflist struktur

Deflist struktur je rozdělen na 5 základních částí:

- Struktury konstant
- Struktury příkazů
- Struktury statusů
- Struktury alarmů
- Přehled všech struktur

Jednotlivé struktury slouží pro komunikaci mezi funkčními bloky jednotlivých objektů implementovaných v programu PLC a vizualizační aplikací v operátorském panelu. Jsou generovány do vývojového prostředí Siemens Simatic Step7 v podobě UDT struktur a jsou použity v každém funkčním bloku na známé adrese statické paměti funkčního bloku.

Struktury konstant definují hodnoty pracovního rozsahu senzorů, časová zpoždění vyhodnocení poruch nebo slouží jako setpointy žádaných hodnot pro regulátory nebo žádané rychlosti pohonů.

Příkazy a žádosti operátora jsou definovány ve struktuře příkazů. Jedná se o jednoduché binární informace zaslané z operátorského panelu do řídicího programu. Např. spouštění a zastavování motorů v režimu ovládání z HMI, akceptace poruchy, požadavky na kalibraci enkodéru, nebo zvolení provozního režimu skipového vrátku.

		Brake		2BYTE			
HMI atribut;		Byte;	Bit;	Tag Name;	Type;	Def. Value;	Description
	TO	0	0	Wrn	BOOL	FALSE	Warning
	TO	0	1	WrnNotAck	BOOL	FALSE	Warning not acknowledged
	TO	0	2	Flt	BOOL	FALSE	Fault
	TO	0	3	FltNotAck	BOOL	FALSE	Fault not acknowledged
		0	4	Rdy	BOOL	FALSE	Ready
		0	5	Spare0_5	BOOL	FALSE	
	TOE	0	6	Test	BOOL	FALSE	Test mode
	TOE	0	7	Auto	BOOL	FALSE	Auto mode
	TOE	1	0	Manual	BOOL	FALSE	Manual mode
	TOE	1	1	HndLvr	BOOL	FALSE	Hand lever closed
	TOE	1	2	Clsd	BOOL	FALSE	Closed
	TOE	1	3	Relsd	BOOL	FALSE	Brake released
	TOE	1	4	Clsg	BOOL	FALSE	Closing
	TOE	1	5	Relsg	BOOL	FALSE	Brake releasing
	TOE	1	6	Dsbd	BOOL	FALSE	Brake disabled
	TO	1	7	PsOff	BOOL	FALSE	Power supply is off

Obr. 12: Statusová struktura objektu pro kotoučovou brzdu

Na základě požadavku operátora nebo automatické sekvence mění objekt své vnitřní stavy, definované ve strukturách statusů. Např. pro motor definujeme 4 základní stavy, že je zastaven, rozbíhá se, běží a zastavuje popřípadě jeho rychlost.

Pokud objekt nezmění svůj vnitřní stav na základě pokynu nebo přejde do neočekávaného stavu je vyhlášena porucha definována ve strukturách alarmů.

Přehled struktur slouží jako obsah dokumentu pro dobrou přehlednost a snadný pohyb v dokumentu. Jsou zde definovány čísla UDT struktur, které se generují pro program PLC a jejich velikost pro výpočet a generování „Tagu“ (adresa informace v paměti PLC) pro vizualizační aplikaci.

Pro každý objekt v deflistu PLC generujeme tagy podle deflistu struktur pro zobrazení vnitřních stavů objektů nebo alarmu daného objektu na operátorském panelu. Je vygenerován soubor ve formátu MS Excel .xlsx, se všemi tagy, který je importován přímo do vizualizační aplikace. Texty alarmových hlášení jsou generovány obdobným způsobem a rovněž importovány do vývojového prostředí HMI.

Generování tagů je vytvořeno pomocí Excelovských maker psaných v jazyce Visual Basic.

V aplikaci skipového vrátku je použito cca 700 různých tagů a dalších 600 alarmových hlášení. Při vývoji programu pro PLC se struktury často mění a vytvářet tagy a texty alarmů ručně by zabralo spousty zbytečného času.

4.3 Komunikační interface objektů

Komunikační interface zařízení připojených k Profibusu je definován pomocí UDT struktury obdobně, jako jsou vnitřní stavy nebo vstupní konstanty objektů. Pro každé zařízení je definována struktura vstupní „In“ a výstupní „Out“. Out struktura obsahuje několik Bytů řídicích signálů a několik Wordů s požadovanými hodnotami, např. žádané rychlosti otáček motoru. Ve vstupní struktuře nalezneme Byty se signály indikující vnitřní stavy zařízení a Wordy s aktuálními hodnotami, např. aktuální rychlost motoru, protékající proud, číselný kód poruchy, atd.

Konkrétní interface pro motorové moduly a usměrňující jednotky nalezneme v příloze č. I. této práce.

[3]

5 PLC program

V době, kdy byly vyvíjeny první programovatelné automaty, bylo programování PLC pro jednoduchost co nejvíce přiblíženo tvorbě reléových schémat a řešení booleovských rovnic, které přetrvalo dlouhou dobu v severní Americe. V Německu a střední Evropě se začal s vývojem hardware PLC objevovat jazyk funkčních bloků pro programovatelné automaty a ve Francii se prosadil jazyk sekvenčních diagramů.

V 90. letech 20. století zahájila mezinárodní elektrotechnická komise IEC (International Electrotechnical Commission) vývoj standardu neutrálního programování PLC pod názvem IEC 1131 (později IEC 61131). Standard je složen z 8 částí, které definují:

- Definice pojmů a vlastností PLC
- Požadavky na technické vybavení PLC
- Programovací jazyky
- Analýza výběru PLC
- Komunikace a integrace do sítí
- Bezpečnostní funkce – Safety
- Programování Fuzzy logic
- Pokyny pro implementaci programovacích jazyků

Standard „IEC 61131–3 Programovací jazyky“ pojednává o systémově neutrálním programování s následujícími vlastnostmi:

- Nezávislost na technické vybavení – s možností přenesení programu na PLC jiného výrobce.
- Možnost ladění SW v rané fázi návrhu.
- Jednotný programátorský přístup.
- Strukturovanost a modularita.

Standard zahrnuje všechny nejobvyklejší programovací jazyky:

- Grafické:
 - **LD** – Ladder diagram
 - **FBD** – Function block diagram
 - **SFC** – Sequential function chart
- Algebraické:
 - **ST** – Structured text
 - **IL** – Instruction list

[13]

Řídicí software skipového vrátku je vytvořen v jazyce funkčních bloků FBD. Pouze některé složité matematické operace a limitní funkce jsou pro přehlednost vytvořeny v jazyce instrukcí IL.

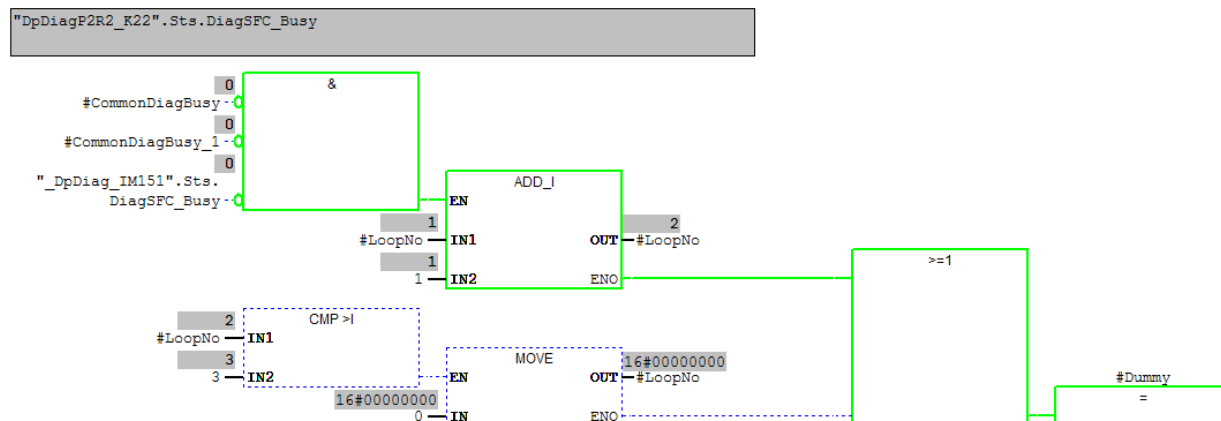
5.1 Simatic Step7

Step 7 je vývojové prostředí firmy Siemens pro programování PLC z rodiny Simatic Siemens. Obsahuje mnoho nástrojů a funkcí pro vytvoření ucelené řídicí aplikace. Podporuje všechny zmíněné programovací jazyky standardu IEC 61131–3.

Obsahuje 4 základní editory:

- **Simatic Manager** – je hlavním správcem celého projektu. Slouží pro přístup do jednotlivých částí programu, datových bloků a konfigurace CPU jednotek, pohonů a vizualizací implementovaných v projektu. Definuje rozhraní programátorského PC/PG pro komunikaci s reálným zařízením a obsahuje mnoho nástrojů pro diagnostikování připojeného PLC. Uživatelé mají možnost využít simulační aplikaci a testovat základní funkce bez reálného připojení k PLC.
Ze Simatic Manageru se spouští ostatní programovací nástroje pro tvorbu programu a konfigurace řídicího systému.
- **Hardware konfigurator** – Pokud je v projektu přítomna stanice PLC, v hardware konfiguratoru je definován typ daného PLC, verze firmware, komunikační moduly, distribuované periférie a další připojená zařízení (např. frekvenční měniče, enkodéry, atd.). Jsou zde nastaveny adresy vstupů a výstupů do PLC, popřípadě komunikační interface. Pro přidávání zařízení do aplikace je k dispozici katalog se všemi dostupnými GSD soubory v PC.
- **NetPro** – Konfigurator komunikační sítě je vhodným nástrojem pro nastavení síťových propojení jednotlivých periférií. Některé nastavení lze měnit už v Hardware konfiguraci, ale NetPro nabízí širší možnosti a lepší přehlednost nastavení. Zanáší do nastavení a rezervuje konektivitu i pro komunikaci s programátorským PC/PG nebo s případným nadřazeným řídicím systémem.
- **Program Editor** – Slouží pro vytváření řídicího programu, definování datových bloků, tvorbu funkčních bloků a jednoduchých funkcí. Je zde tvořeno a vyvíjeno 95% řídicí aplikace PLC. Tvorbu jednotlivých funkčních částí programu je možné v rozdílných programovacích jazycích. Dokonce v jednom funkčním bloku je možné střídat jazyk FBD a IL. Editor umožňuje testování jednotlivých částí programu se zobrazením aktuálních hodnot v připojeném nebo simulovaném PLC.

Network 6 : Loop number increasing



Obr. 13: Testování programu s aktuálními hodnotami v PLC

Řídicí program rozdělujeme na:

- **Organizační Bloky (OBx)** – Jsou hlavní programové části, které jsou spouštěny procesorem PLC ať už cyklicky, acyklicky, na základě události z HW vstupu nebo z události detekování poruchy. Nejpoužívanější jsou:
 - OB 1 Programový cyklus – cyklicky se opakuje v periodě dané délkou a složitosti programu
 - OB 100 až OB 102 Restart – Spouští se pouze po restartu CPU
 - OB 30 až OB 38 – Cyklické přerušení v pravidelné nastavitelné periodě
 - OB 40 až OB 47 – Hardwareové přerušení
 - OB 10 až OB 17 – Kalendářní přerušení
 - OB 80 až OB 87 – Chybové přerušení
 - OB 121 – Programová chyba
- **Funkce (FCx)** – Pro zpřehlednění programu je možné zabalit složité matematické nebo logické výpočty do funkce. Při vytváření funkce je nutné definovat vstupní parametry, výstupní hodnoty a vytvoří se vnitřní logika a výpočty. Funkce je volána v OB a jsou jí přiřazeny vstupní a výstupní parametry, s kterými pracuje. Pro funkci nedefinujeme žádný datový prostor.

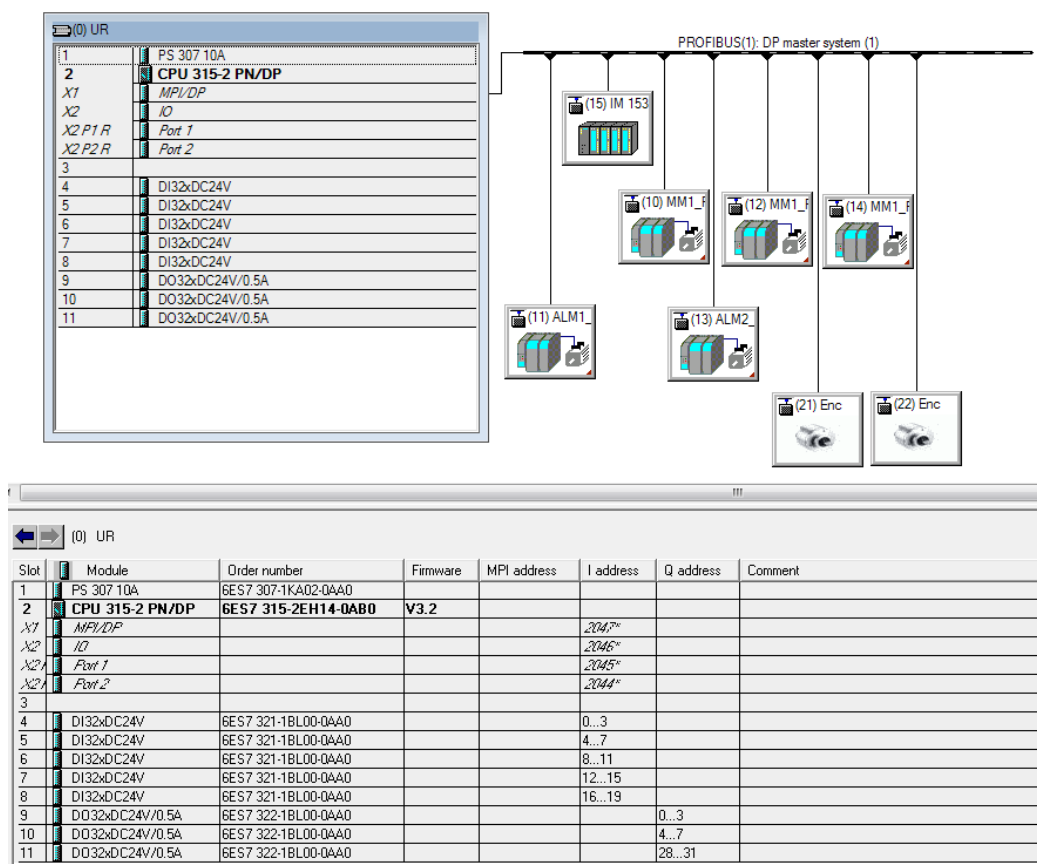
Jednu vytvořenou funkci je možno volat několikrát v programu vždy s rozdílnými vstupními daty.
- **Funkční blok (FBx)** – Má obdobné vlastnosti a použití jako FC, s rozdílem definování statického paměťového prostoru – instančního datového bloku. Je ideálním řešením pro obsluhu periférie, která se v technologii několikrát opakuje. Vytvoříme jeden funkční blok, kterému definujeme vždy jiný paměťový prostor a jiná vstupní data. Vytváříme instance.

- **Systémové funkce a funkční bloky (SFCx, SFBx)** – Jsou předdefinované, uzavřené funkce výrobce PLC Siemens, pro usnadnění vývoje řídicí aplikace. Nejpoužívanější v aplikaci skipového vrátku jsou:
 - SFC 20 "BLKMOV" kopírování proměnných
 - SFC 21 "FILL" inicializace pam. oblasti
 - SFB 2 "CTDU" čítač nahoru/dolu
 - SFB 3 "TP" generuje impuls
 - SFB 4 "TON" časovač zpožděného zapnutí
 - SFB 5 "TOF" časovač zpožděného vypnutí
- **Datové bloky (DBx)** – Paměťové prostory rozdělujeme na:
 - Instanční – Paměťový prostor je definován statickou deklarací paměti funkčního bloku, kterému je přiřazen
 - Volné – Datový blok je možné definovat jako uložistiště dat nebo tabulku hodnot. Rozložení jednotlivých dat a jejich typ je definován přímo programátorem, strukturou UDT nebo kombinací obou.
- **Struktury (UDTx)** – Jedná se o definované rozložení paměti, používané ve funkčních a datových blocích. Struktury jsou v aplikaci skipového vrátku generovány z definičních listin – viz. kapitola č. 4. Každý funkční blok, který obsluhuje periférie nebo technologické části má mimo jiné paměťový prostor definován strukturou konstant, strukturou příkazů, vnitřních stavů a alarmů.

5.2 HW Konfigurace PLC skipového vrátku

Řídicí jednotkou PLC skipového vrátku je CPU 315-2 PN/DP. K němu do Racku jsou vloženy karty digitálních vstupů a výstupů. Definováním komunikačního rozhraní Profibus na jednotce CPU je zpřístupněno přidávání distribuovaných periférií. Analogové vstupy a výstupy jsou vloženy do modulu ET200M s Profibusovou adresou 15. Pomocí profibusu je komunikováno s řídicími jednotkami frekvenčních měničů a usměrňujícími jednotkami. (Motor modul 1 – 3 a Active line modul 1,2) Profibusovou sběrnici uzavírají absolutní enkodéry. Nastavení adres digitálních vstupů a výstupů je dle projekční dokumentace elektrického schéma zapojení. Vstupy a výstupy pro ostatní zařízení začínají vždy na stejných adresách. První jednotka frekvenčního měniče je definována na adrese 300 pro PIW i PQW. Následující zařízení využívá adres 320 – 338 a obdobně pro další zařízení. Funkční blok pro obsluhu objektu v programu používá první adresu jako vstupní parametr (FirstIoAdres), který definuje začátek interface na Profibusu.

V usměrňujících jednotkách ALM1 a ALM2 je definována výměna dat v režimu komunikace Slave to Slave. Poslední word výstupní PQW (hodnota „LoadShare“) jedné ALM je přeposlán druhé ALM do poslední PIW. Tím je realizováno řízení rozdělení výkonu dodávaného do stejnosměrného meziobvodu měničů.



Obr. 14: Hardware konfigurace reálného řídicího systému skipového vrátku

5.3 Funkční bloky

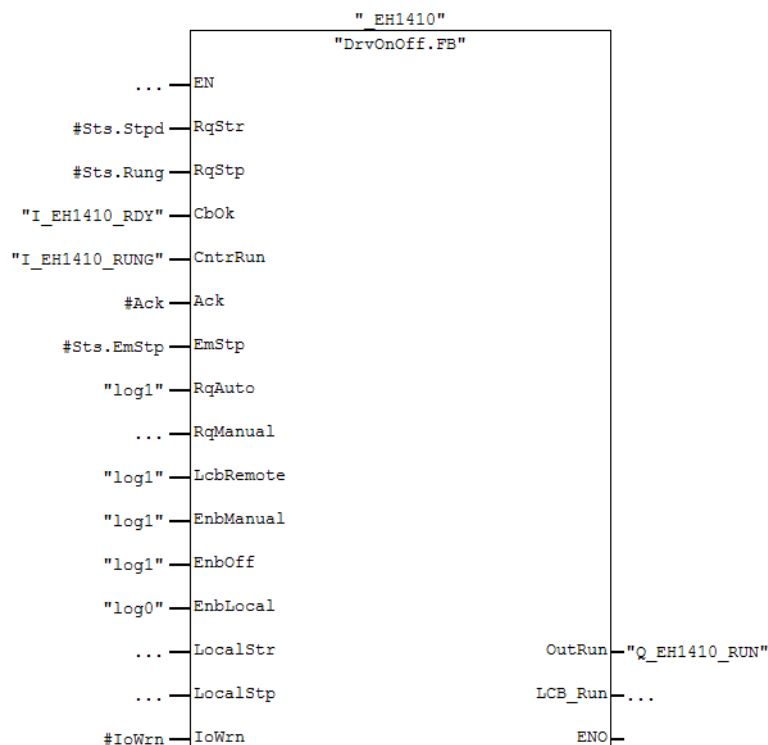
Funkční bloky používáme pro zpřehlednění programu a zjednodušení programování. Program je tvořen objektovým programováním. Je strukturovaný a jednotlivé části technologie jsou uspořádány ve funkčních blocích, které se dělí na další funkční bloky obsluhující periférie řídicího systému a funkce pro matematické výpočty.

Funkční bloky obsahují:

- Definované vstupní parametry a řídicí signály pro nastavení a ovládání z nadřazeného funkčního bloku.
- Definované výstupní signály a hodnoty, které ovládají nebo nastavují
- Statickou paměť, kde jsou definovány interface pro komunikaci s HMI, vnitřní stavy, struktury pro volání alarmů, datové prostory čítačů, časovačů a vnitřních funkčních bloků a interlocky.
- Dočasnou paměť pro uložení mezivýsledku. Pravidlem pro používání dočasné paměti je nutnost dodržení posloupnosti přístupu k této paměti. Je zakázáno vyčítat hodnoty dříve, než je do této paměti zapsáno. Dočasná paměť slouží pouze pro uchování informace po dobu vykonávání programu v daném funkčním bloku.
- Vlastní logika řízení a zpracování hodnot pro obsluhu některé periférie nebo celé technologické části.

Network 18 : _EH1410

Electrical Heater



Obr. 15: Funkční blok DrvOnOff.FB pro řízení jednoduchého spínání motorů a stykačů.

Vlastní logika řízení funkčního bloku pro řízení periférií je tvořena s respektováním následující osnovy:

- Inicializace dočasné paměti na nulové hodnoty – ošetření hazardních stavů.
- Kopírování příkazů z HMI do pomocné struktury v dočasné paměti – zabraňuje příchodu požadavku z HMI v polovině vykonávání programu funkčního bloku.
- Kopírování dat z Profibusu do statické paměti funkčního bloku.
- Vlastní logika nastavení vnitřních stavů a volání alarmů na základě vstupních signálů funkčního bloku, příkazů a konstant z HMI nebo dat z Profibusu.
- Kopírování vnitřních stavů a alarmů do interface HMI.
- Zápis řídicích signálů a požadovaných hodnot na Profibus

Ve funkčních blocích spojujeme jednotlivé periférie v technologické části, kde vytváříme logiku ovládání a výpočty žádaných nebo aktuálních hodnot. Jsou zde definovány podmínky pro spuštění nebo chod technologické části - Interlocky.

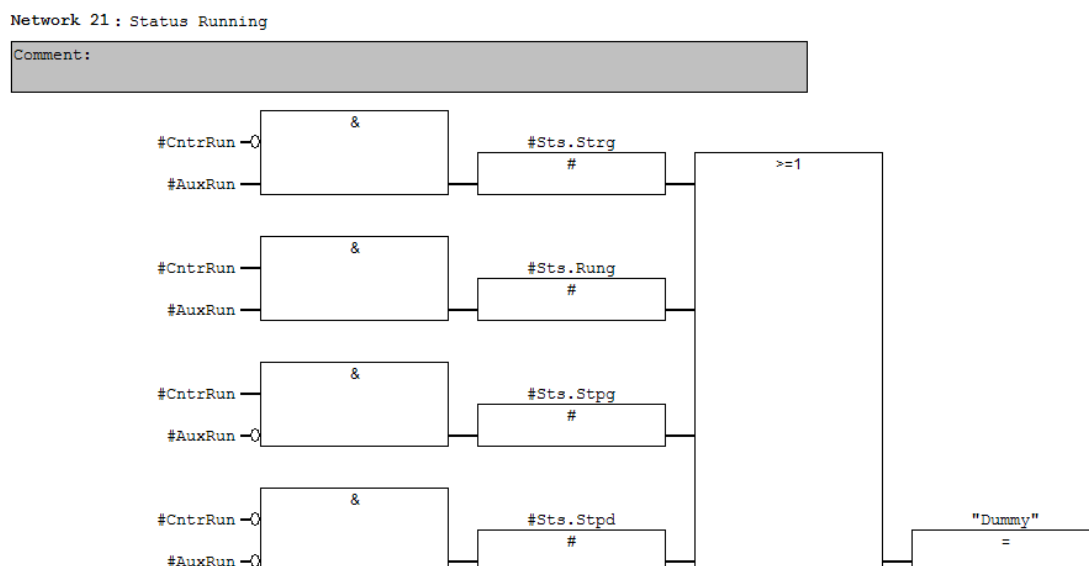
5.3.1 Vnitřní stavy – Status struktura

Vnitřní stavy periférií nebo technologických částí vyhodnocujeme na základě informací ze vstupů a požadavků řídicího systému. Např. je-li nastavena žádost na spuštění motoru do

„log1“, ale zpětná informace o běhu motoru je stále v „log 0“ vyhodnocujeme, že se motor spouští. Pokud je i zpětná informace o běhu motoru je v „log 1“ – motor běží.

Obdobně jsou nastavovány ostatní vnitřní stavy.

Při programování funkčních bloků respektujeme pravidlo, že nastavení vnitřních stavů může být definováno pouze uvnitř daného funkčního bloku. Vnitřní stavy technologických částí a periférií se mimo funkční blok, který je obsluhuje, používají pouze pro čtení. Zapisovat do vnitřních stavů z více míst v programu by vedlo ke kolizním stavům a nepřehlednosti kódu.



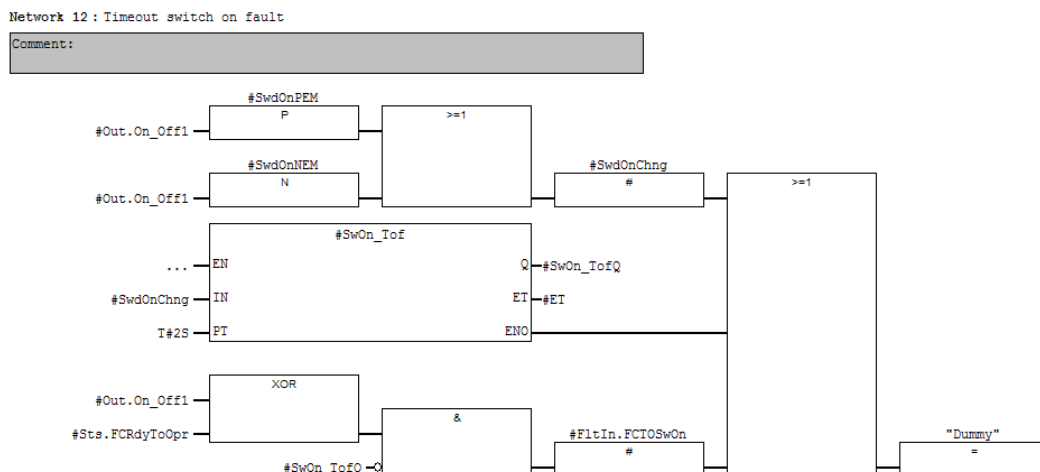
Obr. 16: Logika vnitřního stavu motoru: startuje, běží, zastavuje, stojí.

CntrRun – informace z digitálního vstupu, že motor běží

AuxRun – řídicí bit DO pro běh motoru

5.3.2 Alarmy – Fault struktura

Alarmy vyvoláváme na základě kritických nebo neočekávaných kombinací vnitřních stavů a informací ze vstupů PLC. Například pokud bit digitálního vstupu, signalizující stav jističího zařízení, je v „log 0“ je vyvolán alarm „Circuit breaker tripped“ s označením jističe. Nebo pokud je zaslána žádost na zapnutí frekvenčního měniče (stav, kdy je připraven generovat pulzy do motoru) je spuštěn časovač a pokud do 2s není zaslána po Profibusu informace, že frekvenční měnič je připraven, je vyvolán alarm „Timeout switch on“. Stejný alarm je vyvolán okamžitě, pokud měnič přejde ze stavu připraveného pro generování pulzů do vypnutého stavu bez žádosti řídicího systému.



Obr. 17: Logika diagnostikování poruchy zapnutí frekvenčního měniče

Out.On_Off1 – žádost řídicího systému na zapnutí měniče

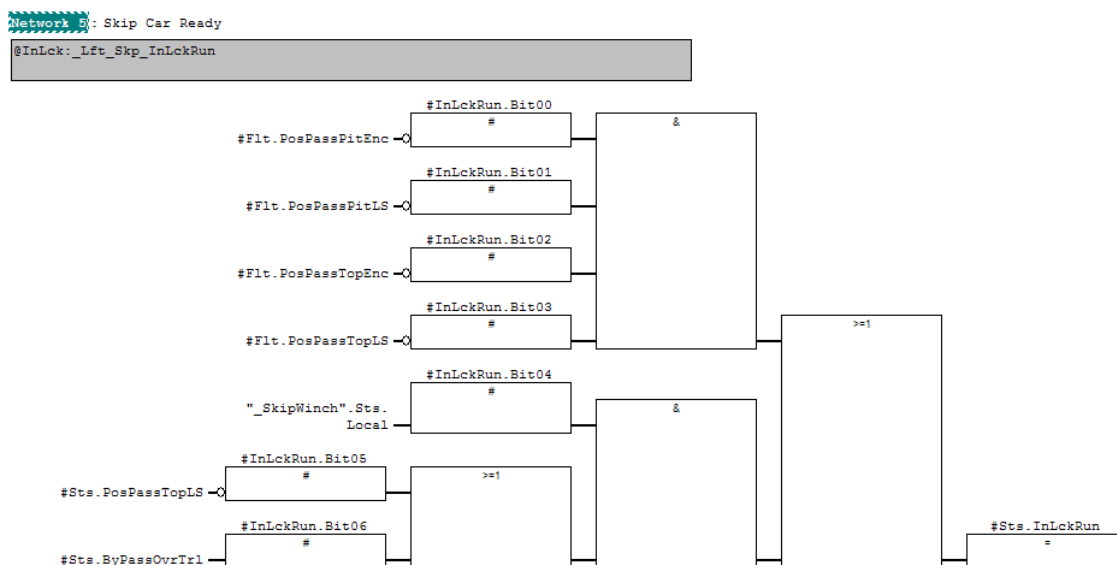
Sts.FCRdyToOpr – Stav měniče – Připraven pro generování pulzů

FltIn.FCTOSwOn – bit alarmové struktury

5.3.3 Interlocky

Spouštění pohonů a akcí je ve většině případů podmíněno připraveností souvisejících zařízení nebo splněním určitých podmínek. K tomu účelu jsou použity Interlocky. Každé podmínce ovlivňující chod je přiřazen jeden bit z Interlockové struktury. Všechny podmínky jsou spojeny do jedné AND funkce. Pokud jsou všechny splněny, je nastaven vnitřní stav objektu nesoucí v názvu spojení zkratky „InLck“ a zkratky názvu činnosti, pro kterou je interlock definován (např. „InLckStr“ pro start, „InLckRun“ pro běh, „InLckStp“ pro zastavení atd.). Interlocková struktura nesoucí informaci o splnění jednotlivých podmínek je přenesena na obrazovku HMI.

Operátor má možnost díky interlockům a alarmům okamžitě diagnostikovat problém nefunkčnosti systému.



Obr. 18: Interlocky pro běh skipového vrátku

5.4 Funkční bloky periférií

Funkční bloky periférií a objektů v technologii skipového vrátku obsluhují ovládání a diagnostikují poruchové stavy. V této práci jsou popsány pouze ty funkčně komplikovanější.

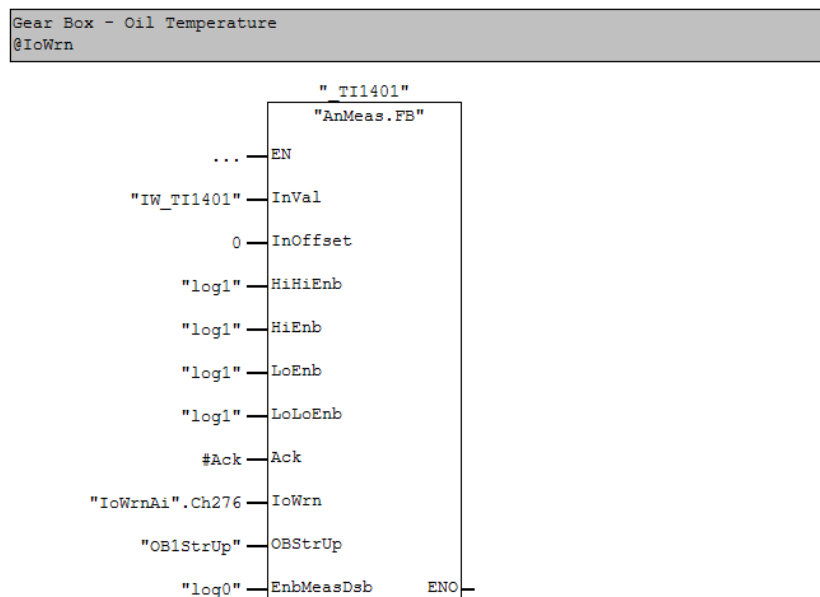
5.4.1 Analogové měření

AnMeas.FB (Analog Measurement) patří mezi základní standardní funkční bloky používané ve firmě Ingeteam a.s. k programování PLC. Slouží pro výpočet fyzikální veličiny měřené analogovým vstupem PLC. Často slouží jako výchozí funkční blok pro různé modifikace (měření fyzikální veličiny s kompenzací atd.)

Funkční blok provádí následující operace:

- Kontrola zadaných parametrů z HMI
- Diagnostikování HW problému s měřícím senzorem
- Výpočet hodnoty fyzikální veličiny z rozsahu proudové smyčky 0 - 20 mA analogového vstupu
- Výpočet hodnoty fyzikální veličiny z rozsahu termočlánků
- Dolnopropustná filtrace – Operátor volí filtr 1. řádu, 2. řádu nebo vypnutá filtrace
- „Forced value“ – Operátor má možnost nastavit hodnotu výsledné měřené veličiny nezávisle na hodnotě analogového vstupu (používá se při uvádění do provozu a testování)
- Limity – Výsledná hodnota měřené veličiny (x) je porovnávána s limity, které zadal operátor HMI. Překročení nastavených limit vyvolá alarmy:
 - varování Hi, pro $x > \text{Hi limit}$
 - varování Lo, pro $x < \text{Lo limit}$
 - poruchu HiHi, pro $x > \text{HiHi limit}$
 - poruchu LoLo, pro $x < \text{LoLo limit}$

Network 5: _TI1401



Obr. 19: Měření teploty oleje v převodovce skipového vrátku

5.4.2 Enkodér

Funkční blok zpracovává informace enkodéru z Profibusu, převádí bezrozměrný údaj o poloze na fyzikální veličinu – dráhu v jednotkách [m].

Funkční blok provádí následující operace:

- Diagnostikování připojení zařízení k Profibusu
- Výpočet polohy lanového navíjecího bubnu z PIW enkodéru [počet otáček]
- Výpočet délky navinutého lana [m]
- „Forced value“
- Kalibrace – Operátor má možnost definovat aktuální polohu jako nulovou nebo dle parametru z HMI

5.4.3 Motor Modul – Frekvenční měnič

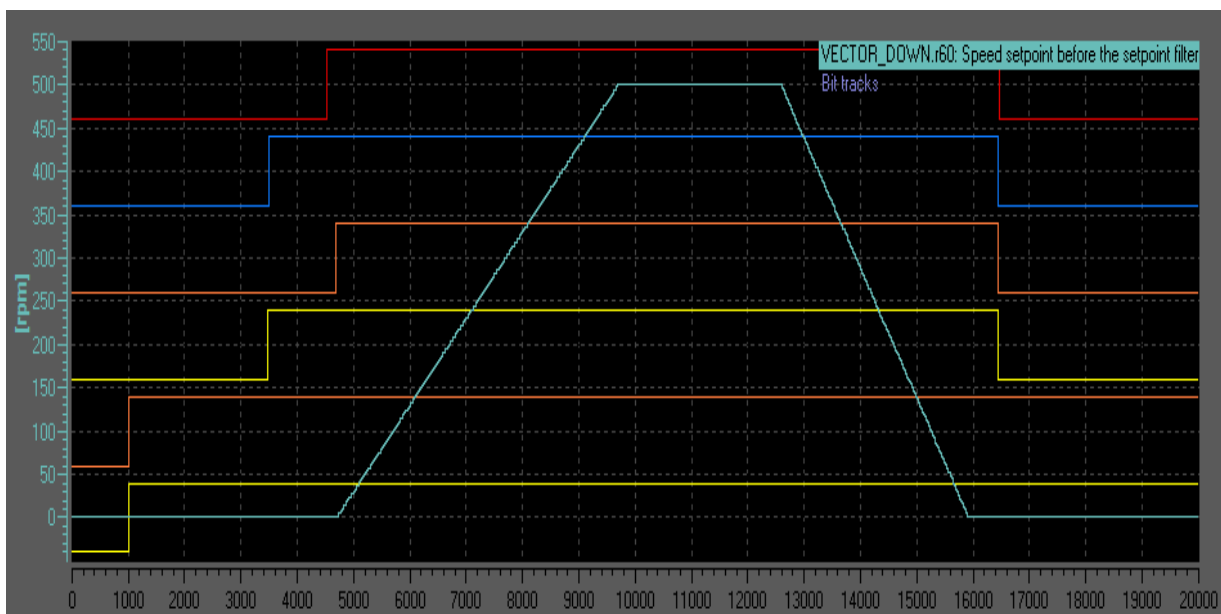
Funkční blok pro obsluhu řízení frekvenčního měniče je nejrozsáhlejším FB pro obsluhu periférií. Při vytváření vnitřní logiky FB je nutná znalost sekvence jednotlivých vnitřních stavů frekvenčního měniče a plnému porozumění komunikačního interface mezi řídicí jednotkou měniče a PLC. Záznam datové výměny při spuštění motoru je zobrazen na obr. č. 20. Zobrazení aktuální rychlosti otáčení motoru přesně kopíruje žádané otáčky z PLC.

Funkční blok provádí následující operace:

- Diagnostikování připojení zařízení k Profibusu
- Kopírování dat z Profibusu do statické paměti funkčního bloku
- Vyhodnocení příchozích dat a aktuálních hodnot
- Nastavení struktury vnitřních stavů a vyhodnocení alarmů
- Nastavení řídicích signálů
- Nastavení žádaných hodnot
- Zápis dat na Profibus

Sekvence spuštění motoru začíná zasláním pokynu z PLC pro zapnutí měniče. Měnič přejde do stavu „Ready to Operate“ – připraven pro generování pulzů. Na základě povolení „Enable“ z PLC, měnič provede magnetizaci vinutí motoru a začne generovat pulzy s nulovými otáčkami. Dosáhne-li moment definované hodnoty pro zamezení poklesnutí skipových vozíku při startu vrátku, jsou uvolněny brzdy a měnič přejde do stavu „Operate“. Na základě signálu „Operačního stavu“ měniče je žádaná hodnota rychlosti otáček zvyšována po rampě z nuly na definovanou rychlost. Zastavení je řešeno snížením rychlosti po definované rampě a při téměř nulových otáčkách jsou upnuty brzdy a povolení „Enable“ z PLC je nastaveno do „log.0“.

Pokud není dodržena sekvence pro spuštění měniče je vyhlášen alarm, který oznamuje, v kterém kroku došlo k poruše a požadavek na zapnutí měniče je nastaven do „log.0“.



- *Uvolnění brzd*
- *Generování pulzů – momentu*
- *Operační stav měniče – řízení podle žádané hodnoty rychlosti z PLC*
- *Požadavek PLC na operační stav*
- *Měnič připraven pro generování pulzů*
- *Požadavek PLC na zapnutí měniče*
- *Žádaná hodnota rychlosti otáček z PLC*

Obr. 20: Posloupnost řídicích signálů z PLC a stavů f. měniče

6 Simulace technologické části

Pro simulování řízené technologie, testování řídicího software a možnost předvedení zákazníkovi chování celého systému byl zvolen software „WinMod v5.1“ od německé společnosti Mewes & Partner GmbH.

6.1 WinMod

Zkrácení doby pro uvádění řídicího systému do provozu je v dnešním globálním trendu automatizace dominantní úlohou. Software WinMod byl vyvinut pro testování real-time řídicího systému s real-time simulací technologických procesů, tam kde je reálné zařízení stále ve výstavbě nebo není připraveno na uvádění do provozu. Hlavní výhodou je možnost vývoje řídicího softwaru připojeného k simulaci a následné připojení k reálnému zařízení bez nutnosti jakýchkoliv úprav, přeadresování nebo přeprogramování.

Další uplatnění WinMod s řídicím systémem jsou:

- Testování kritických situací technologie bez fatálních následků
- Zaškolování nových operátorů řízené technologie
- Přípravy pro modernizace



Obr. 21: WinMod

Simulační aplikace ve WinMod je tvořena spojením jednoduchých modulů. Funkčnost jednotlivých modulů může být definována matematickými rovnicemi, časovými funkcemi nebo tabulkou naměřených hodnot reálného systému. Jednotlivé moduly a konstanty spojujeme v ucelené bloky tzv. „Makra“, které simulují chování dílčí části technologie např. motor, měření teploty, frekvenční měnič, atd.

[10]

6.2 Simulace technologie skipového vrátku

Program WinMod a simulační aplikace skipového vrátku běží na PC vybaveným Profibusovou kartou značky Siemens.

Simulační PC je připojeno pomocí Profibusového kabelu přímo s PLC. Vytvoření simulační aplikace bylo následujícím postupem:

- Definování hardwareové konfigurace simulovaných zařízení
- Import IO adres pro simulované karty vstupů a výstupů PLC,
- Definice základních formátů pro přenos analogové veličiny a bitových signálů
- Vytvoření základních funkčních maker pro simulaci
- Návrh jednotlivých obrazovek
- Pospojování maker do konečného celku

6.2.1 Hardwareová konfigurace pro WinMod

Hardwareová konfigurace pro program WinMod vychází z HW konfigurace pro PLC. Každé zařízení má jasně definovaný interface pro komunikaci na Profibusu. Pro simulaci takového zařízení je důležitá adresa Profibusu, adresy vstupních signálů z PLC do zařízení, a obdobně adresy výstupních signálů ze zařízení do PLC.

Při vytváření HW konfigurace v programu WinMod je možné využít předdefinované zařízení z knihovny programu nebo využít importu GSD souboru (HW popis zařízení a komunikačního interfacu) obdobně jako ve vývojovém prostředí pro PLC Siemens Simatic STEP 7.

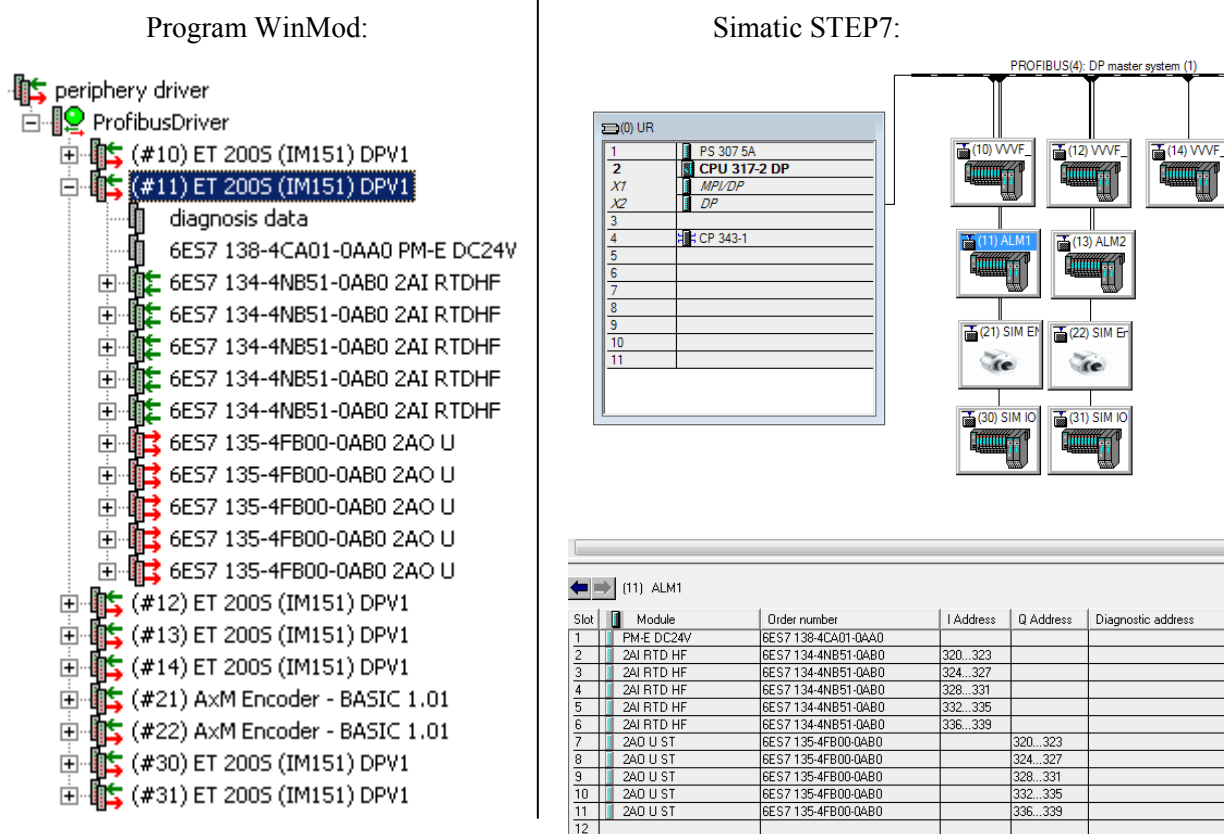
Pro simulaci většiny zařízení není nutné používat reálné složité GSD soubory, ale vytváříme tzv. „Simulační hardwareovou konfiguraci“ kde nahrazujeme komplikované zařízení modulem pro distribuované rozšíření vstupů a výstupů PLC např. modul ET200s. Tuto konfiguraci používáme i v PLC. Postačí zachovat adresu zařízení na Profibusu a komunikační interface. Například simulace jednoho frekvenčního měniče ve WinMod je vytvořena pomocí následující konfigurace:

- Modul pro distribuované IO ET200S
(6ES7151-7AB00-0AB0: IM151 CPU for ET200S)
- 5x 2 Kanálová karta analogových vstupů:
(6ES7134-4NB51-0AB0: Module for ET200S, 2AI RTD High Feature)
- 5x 2 Kanálová karta analogových výstupů
(6ES7135-4FB00-0AB0: Module for ET200S, 2 AO)

Obdobně jsou nasimulovány ostatní frekvenční měniče i usměrňující jednotky. Pro absolutní enkodéry je použit GSD soubor z knihovny WinMod. Reálné karty vstupů a výstupů PLC jsou simulovány dalším modulem ET200s s kartami stejného typu.

Každému simulovanému zařízení je vhodné nastavit adresy vstupů a výstupů stejně jako v WH konfiguraci pro PLC.

Výsledkem jsou dvě HW konfigurace, jedna pro reálné zařízení a druhá „Simulační“ pro testování řídicího programu PLC. Přehrání HW konfigurace v PLC nemá žádný vliv na řídicí program. Není nutné předadresovat vstupní a výstupní signály nebo jinak měnit program. Toto řešení splňuje myšlenku snadného přenesení řídicího programu z testovací aplikace WinMod na reálné zařízení technologie skipového vrátku.

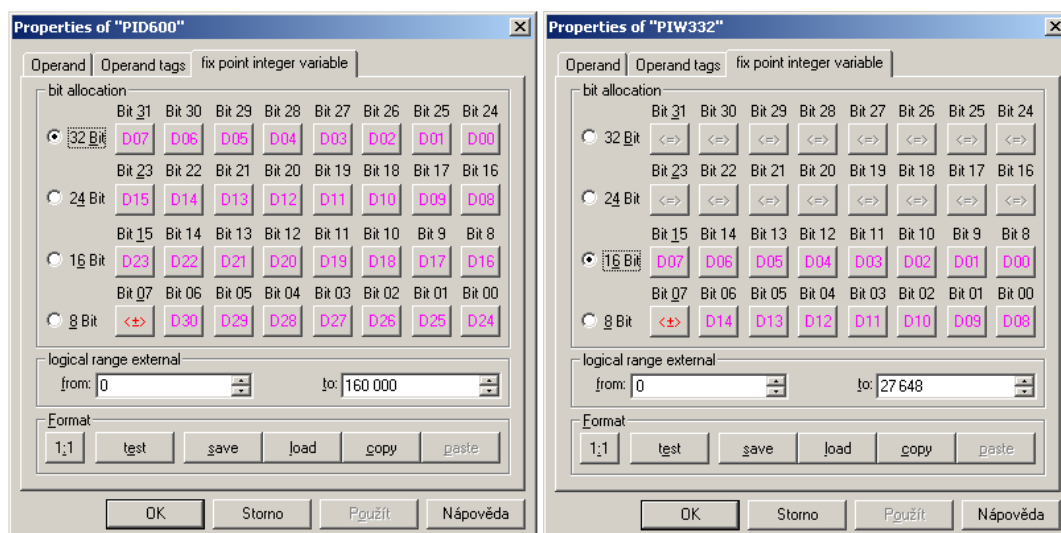


Obr. 22: Simulační HW konfigurace usměrňující jednotky ALM1 v programu WinMod a Simatic STEP7 pomocí ET200s:

6.2.2 Import IO symbolických adres a definice formátů pro přenos signálů

Pro pohodlnou a přehlednou práci se simulovanými vstupními a výstupními signály je vhodné použít stejné symbolické názvy adres jako v řídicím programu. Po importování IO listu symbolických adres do simulační aplikace zbývá nastavit, v jakém formátu se budou hodnoty simulovaných veličin na dané adrese přenášet. Informace jedná-li se o veličinu ve formátu Integer, Real, Double integer nebo Word s 16 bity není dostačující, protože některá zařízení používají přehazování dolního a horního bytu (například Siemens Simatic PLC).

Nastavením formátu ve WinMod je jasné určeno kolik bytů bude využito k přenesení veličiny, který bit je použit jako znaménkový a jak jsou jednotlivé byty přehozeny.



Obr. 23: Nastavení formátu pro čtení a zápis hodnot na Profibus

Vlevo: Double Word – bezrozměrná hodnota ze simulovaného enkodéru

Vpravo: Integer – bezrozměrná hodnota z analogového vstupu (hodnota 0 – 27 648)

6.2.3 Objekty simulace technologických procesů, makra

Program WinMod obsahuje celou řadu funkcí pro práci s veličinami, které je potřeba simulovat. Z knihovny jsou na výběr funkce pro nastavení nebo vyhodnocení řídicích bitových signálů skrze klopné obvody, Booleovou algebru, generátory pulzů, atd.

Pro práci s analogovými hodnotami jsou k dispozici matematické funkce včetně integrátorů, derivátorů, generátorů průběhů, funkcí pro limity, konvertory atd.

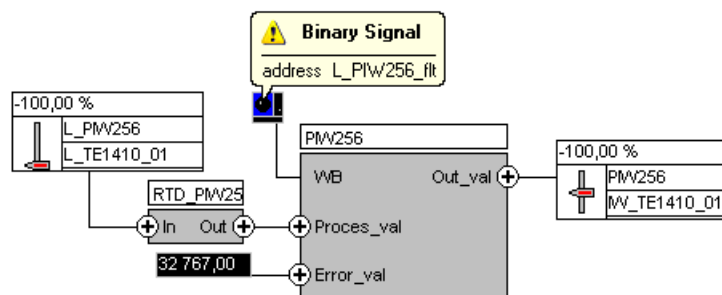
K vytvoření přehledné simulace je nutné definovat lokální proměnné pro práci s mezivýsledky. Přistupujeme k nim stejně jako k adresám vstupů a výstupů.

Vytvořené funkce a vztahy mezi řídicími signály, analogovými hodnotami a lokálními mezivýsledky je možno uzavřít do jedné funkce – „Makra“. Makra mohou být využity pro zpřehlednění složitého výpočtu, kopírování funkčních částí, které se v technologii opakují nebo pro vytvoření uzavřeného celku, který zpracovává vstupní data. Využívají se tam kde funkce, které jsou uvnitř makra, nejsou důležité pro zobrazení.

Simulační aplikaci skipového vrátku tvoří především makra pro simulaci frekvenčních měničů, usměrňujících jednotek, enkodérů, vačkových snímačů, výpočet teplot motoru a simulaci poruchy pro analogové vstupy PLC.

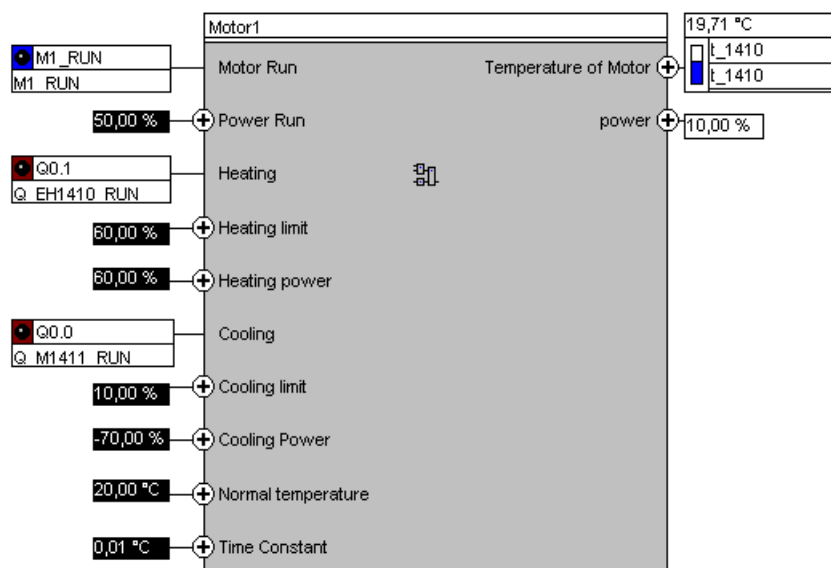
6.2.3.1 Simulace poruchy pro analogové měření

Na obrázku je makro pro simulaci poruchy na analogovém vstupu. Reálné měření analogové karty v konfiguraci proudové smyčky 4 – 20 mA čteme v PLC jako hodnotu 0 – 27 648. Toto makro slouží jako přepínač mezi simulovanou hodnotou teploty motoru a hodnotou 32 767, kterou funkční blok v PLC pro měření analogových veličin vyhodnocuje jako poruchu senzoru teploty.



Obr. 24: Simulace poruchy analogového vstupu

6.2.3.2 Makro pro výpočet teploty motoru



Obr. 25: Simulace teploty motoru

Teplota motoru je matematickou funkcí, která je závislá na 4 faktorech.

- T – přirozená hodnota teploty motoru za klidu a jeho přirozené chladnutí
- R – změny teploty při chodu motoru
- H – změny teploty při zapnutí antikondenzačního vyhřívání
- C – změny teploty při chlazení motoru ventilátorem

Výsledná teplota motoru T_m je realizována pomocí integrátoru, který pracuje podle rovnice:

$$T_m = \int (T + R + H + C) dt$$

Kde T,R,H, C jsou teplotní přírůstky od jednotlivých faktorů ovlivňujících teplotu a integrujeme podle času t. Například pokud motor běží (vyhřívání je vypnuté a motor je chlazen ventilátorem) integrátor pracuje s těmito přírůstky:

$$T_m = \int (-5 + 20 + 0 - 12) dt$$

Z rovnice vyplývá, že součet jednotlivých přírůstků je kladný a teplota pozvolna stoupá. Pokud by chlazení bylo vypnuté ($C = 0$), výsledný součet přírůstků by způsobil strmé stoupání teploty.

Výpočet teploty motoru uvnitř makra je doplněn o limity, aby nedocházelo k nekonečnému stoupání teploty za běhu motoru nebo k mrazivým teplotám za klidu. Výpočet je oproti reálnému chování teploty velmi zjednodušen, avšak dostačující pro aplikaci simulace skipového vrátku.

6.2.3.3 Simulace vačkových snímačů

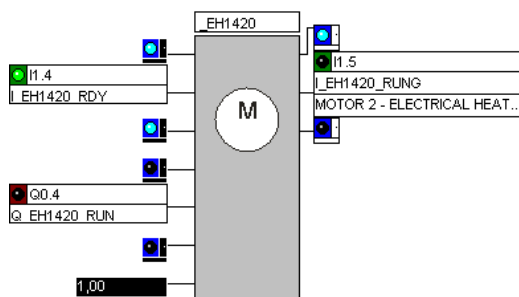
Simulace vačkového snímače je řešena jako makro, do kterého vstupuje poloha vypočtená z enkodéru, a výstupem jsou binární signály jednotlivých snímačů na vačce. Výstupní signály snímačů jsou spínány na základě porovnání hodnoty okamžité polohy s parametrem jednotlivých snímačů vačky.

6.2.3.4 Simulace enkodérů

Enkodéry jsou realizovány jako integrátory okamžité rychlosti skipového vrátku, vycházející z bloku pro frekvenční měniče. Jsou doplněny o možnost offsetu polohy a výsledná poloha je převedena do formátu, který používá reálný absolutní enkodér (0 až maximální počet rozlišených kroků, v tomto případě 67 108 864).

6.2.3.5 Simulace spínání jednoduchých motorů a stykačů se zpětnou vazbou do systému

Simulace spínání jednoduchých motorů a stykačů, které mají zpětnou vazbu přivedenou do PLC byla vytvořena jako funkce dopravního zpoždění. Vstupními parametry makra je informace o stavu jistícího prvku zařízení, nejčastěji motorového jističe, žádost z PLC na zapnutí nebo vypnutí motoru, časová konstanta pro zpoždění nastavení informace o stavu motoru zpět do PLC. Motor přejde do zapnutého stavu na základě zapnutého jistícího prvku a žádosti z PLC. Uživatel simulace má možnost využít vstupního chybového bitu, který způsobí vypnutí – poruchu motoru. Na obrázku je znázorněno makro pro simulaci antikondenzačního ohřívače 2. Motoru. Výstupní informace o běhu je zároveň vstupním parametrem makra pro výpočet teploty motoru.

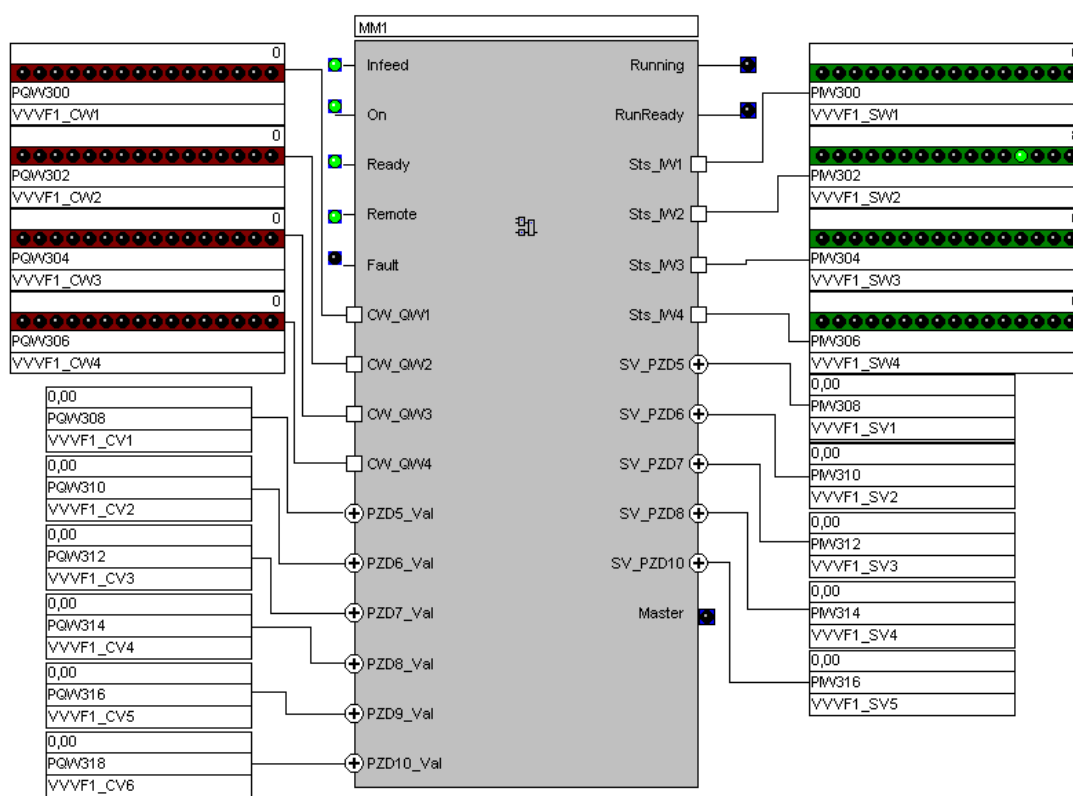


Obr. 26: Simulace spínání antikondenzačního ohřívače motoru – EH1420

6.2.3.6 Simulace frekvenčních měničů a usměrňujících jednotek

K simulaci funkce a chování frekvenčních měničů a usměrňujících jednotek je použito velmi podobné makro. Liší se pouze některými vnitřními stavy a významem některých řídicích a stavových signálů. Vstupními parametry jsou 4 slova (Control Word) po 16 bitech řídicích signálů a 6 analogových hodnot, které slouží k nastavení žádané rychlosti otáček, momentového limitu, atd. Obdobně je to s výstupními parametry (Status Word). Parametry, které vstupují a vystupují z makra, odpovídají Profibus Interface měniče nebo usměrňující jednotky.

Uvnitř makra jsou přepínače vnitřních stavů na základě řídicích signálů frekvenčního měniče a logika, která při splnění podmínek pro operační stav měniče, kopíruje otáčkový setpoint z PLC do hodnoty aktuální rychlosti otáček s dopravním zpožděním. Hodnoty proudu a momentu jsou simulovány pomocí derivací aktuální rychlosti otáček, limit a dalších matematických funkcí. U usměrňující jednotky je v logice pouze přepínání do operačního stavu a simulace nabití stejnosměrného meziobvodu frekvenčních měničů.



Obr. 27: Makro simulující frekvenční měnič – Motor modul 1

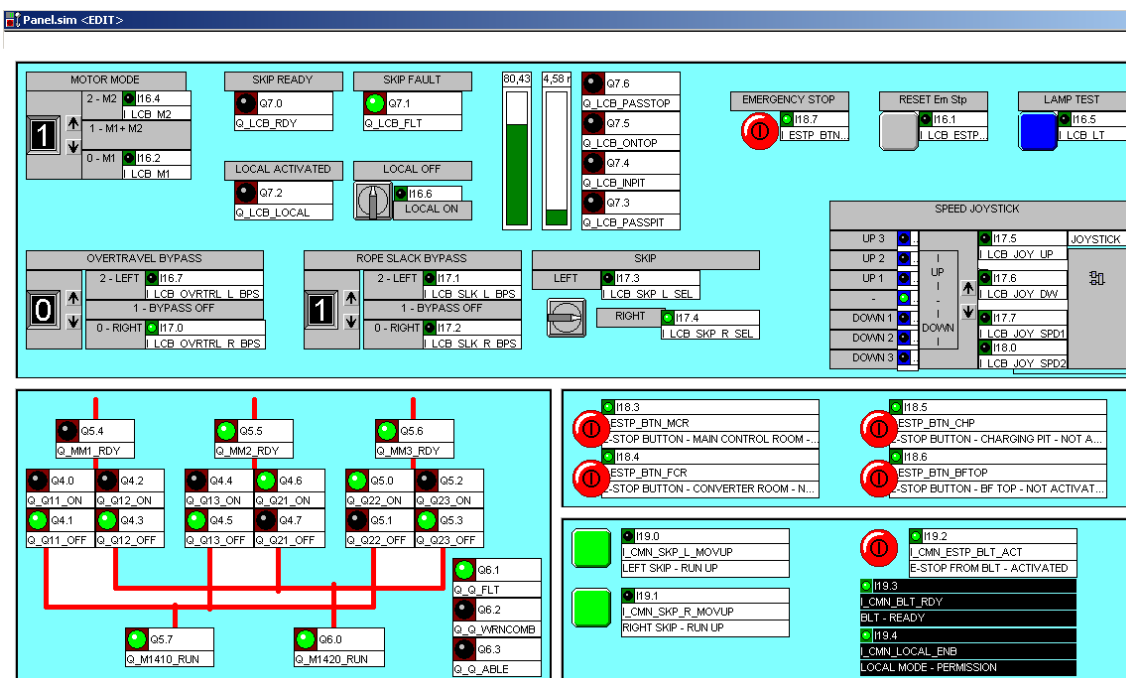
6.2.4 Obrazovky simulační aplikace a konečné propojení funkčních celků

Celá simulační aplikace v programu WinMod je rozdělena na 4 obrazovky. Tím je zajištěno přehledné simulování všech možných poruch a stavů technologie skipového vrátku. Uživatel je schopen se přepínat mezi obrazovkami pro:

- Hlavní výpočty simulovaných hodnot a propojení funkčních celků
- Přehled vypočtených hodnot a simulovaných stavů rozmístěných na PI diagramu
- Simulace ovládání z lokálního panelu skipového vrátku
- Obrazovka s jisticími prvky distribuce napájení jednotlivých zařízení

Simulace technologického procesu vychází z řízení frekvenčních měničů. Pokud je distribuce napájení bez poruch a stejnosměrná sběrnice mezi měniči je nabita a napájena usměrňujícími jednotkami je na základě požadavku z PLC spuštěn proces tažení skipových vozíků. Poloha vozíků je vypočtena integrací rychlosti z frekvenčních měničů. Je kontrolována vačkovými spínači a vyhodnocena PLC, který určuje rychlostní setpoint pro korektní zastavení skipového vozíku v sazební části vysoké pece. Teplota motorů a teplota oleje v převodovce skipového vrátku je vypočtena na základě operačního stavu frekvenčních měničů, chlazení a vyhřívání.

Z obrazovky lokálního panelu je možno řídit pohyb skipového vrátku. Jsou zde umístěny tlačítka nouzového zastavení, zobrazení stavů skipových vozíků a odpojovače pro konfiguraci připojení frekvenčních měničů k motorům. Dále tu jsou realizovány tlačítka pro simulaci řídicích signálů z nadřazeného řídicího systému vysoké pece.



Obr. 28: Simulace lokálního ovládacího panelu a řídicích signálů nadřazeného systému BF

7 HMI aplikace

Každý řídicí systém je třeba monitorovat, diagnostikovat a ovládat. Nejsnazším způsobem monitorování jsou vizualizace HMI. Jedná se o obrazovky v průmyslovém provedení umístěné v blízkosti ovládané technologie nebo rozsáhlé SCADA aplikace běžící na vzdáleném PC.

Řídicí systém skipového vrátku je vybaven operátorským panelem Siemens TP1500 Comfort a vizualizační aplikací vytvořenou ve vývojovém prostředí TIA Portal – WinCC v.11. Operátorský panel je umístěn v rozvodně skipového vrátku v blízkosti PLC a frekvenčních měničů. Hlavní úlohou operátorského panelu je zobrazení poruch, aktuálních stavů systému a aktuálních hodnot měřených veličin.

7.1 TIA Portal WinCC

„Totally Integrated Automation Portal“ je systémově pojatý inženýrský nástroj, navržen jako objektově orientovaná struktura pro řešení veškerých automatizačních úloh s komponenty společnosti Siemens. Využívá centralizovanou správu dat, jsou zde integrovány nástroje pro snadné tvoření jednoduchých aplikací i složitých celků. Hlavní myšlenou vývojového prostředí TIA Portal je vytváření programu pro PLC, vizualizační aplikací a konfigurování komunikační sítě systému v jednom vývojovém prostředí. TIA Portál se rozděluje na 2 hlavní moduly – TIA Portal Step7 pro programování PLC a TIA Portal WinCC pro vytváření HMI aplikací. Tyto moduly jsou na sobě nezávislé, avšak využívají stejnou databázi pro správu dat v projektu. Velkou výhodou jsou možnosti přímého propojení mezi PLC a HMI, odpadá nutnost generovat a přenášet tagy z různých vývojových prostředí. Nevýhodou celé myšlenky společného prostředí je náročnost na výpočetní výkon vývojového hardware na, kterém TIA Portal běží.

TIA Portal WinCC je modul pro konfiguraci a vývoj vizualizační aplikace operátorských panelů, průmyslových PC s WinCC Runtime nebo SCADA aplikace. Modul WinCC rozdělujeme na 4 úrovně, podle možností, které umožňují.

- **WinCC Basic** – Slouží pro programování základních operátorských panelů, které jsou určeny pro méně náročné aplikace, kde je velmi důležitá cena a kvalita, ale nejsou potřeba žádné speciální funkce. Velikost displeje se pohybuje v rozmezí 3“ až 15“. Co se týká komunikace, tak jsou připraveny jak varianty pro Profibus, tak i pro Profinet (ethernet).
- **WinCC Comfort** - Pro konfiguraci všech panelů (včetně Comfort panelů a mobilních panelů)
- **WinCC Advanced** – Pro konfiguraci všech panelů a PC s WinCC Runtime Advanced vizualizačním software. Jedná se vizualizační software pro PC. WinCC Runtime Advanced je možné zakoupit s licencí pro 128, 512, 2k, 4k a 8k PowerTags (tagy s procesním rozhraním).

- **WinCC Professional** – Pro konfiguraci panelů a PC s WinCC Runtime Advanced nebo SCADA systém WinCC Runtime Professional. WinCC Runtime Professional je SCADA systém pro vytváření aplikace s vizualizačními servery a klienty v podobě PC nebo klienty webového rozhraní. WinCC Runtime Professional lze zakoupit s licencí až pro 262 144 PowerTags.

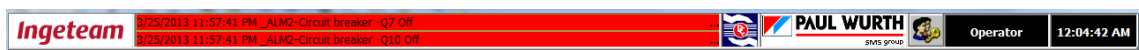
[9]

7.2 Vlastní Aplikace

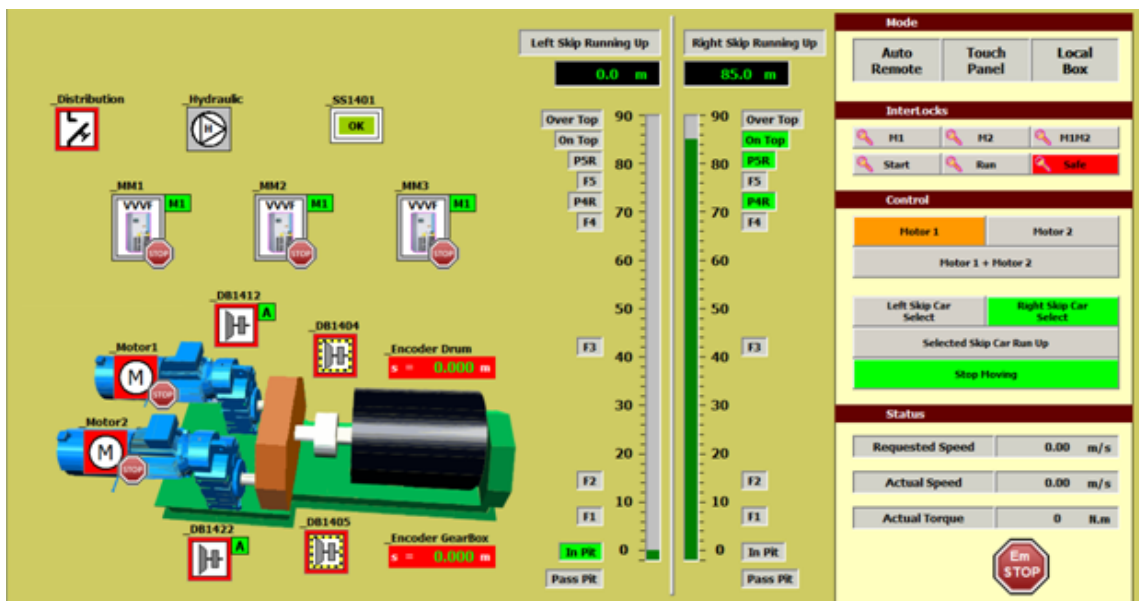
Návrh a rozložení obrazovek vychází z funkčního popisu viz. kapitola č.2 a rozvržení funkčních celků z Deflistu PLC1 viz. kapitola č.4.

Je vhodné rozdělit obrazovku dotykového panelu na 3 hlavní části:

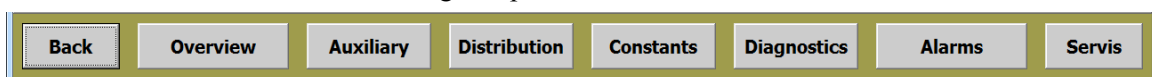
- Informační panel:



- Aplikační část:



- Navigační panel:



Obr. 29: Rozdělení obrazovky vizualizační aplikace

Informační panel slouží primárně k vždy přítomnému zobrazení posledního aktuálního alarmu a možnosti přihlášení operátora, tím odemknout operace, které nejsou dovolené všem uživatelům. A v poslední řadě slouží informační panel k zobrazení času a informačního loga tvůrčí společnosti a koncového zákazníka.

Navigační panel je velmi rychlý způsob pohybu mezi obrazovkami. Byla zvolena spodní část obrazovky dotykového panelu. Zde je umístěna řada tlačítek, které zastupují hlavní funkční skupiny celé aplikace skipového vrátku.

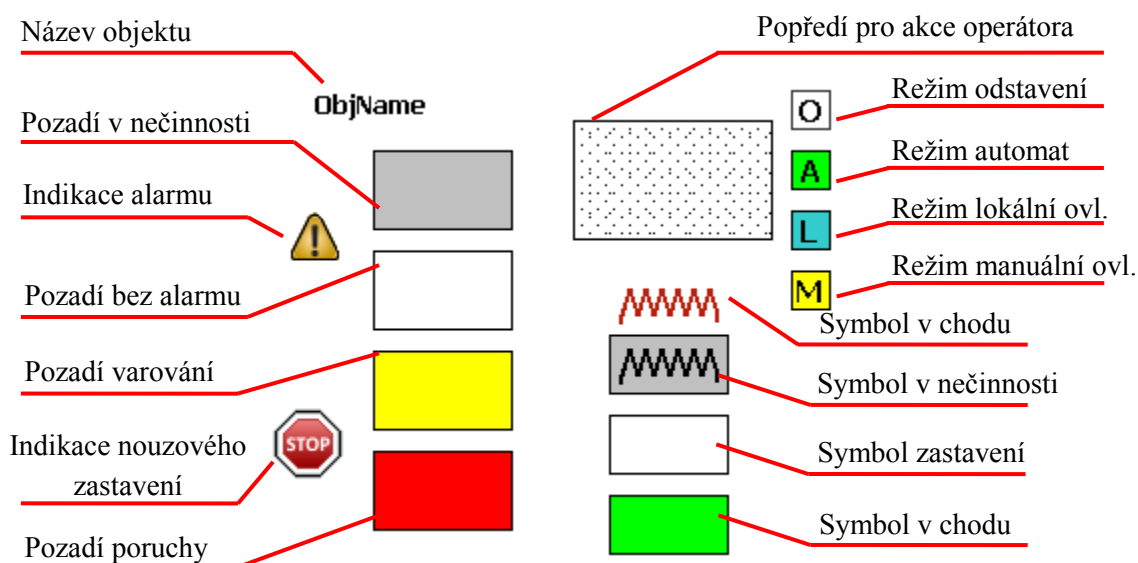
Aplikační část ve střední části dotykového panelu je určena k tvorbě jednotlivých ovládacích obrazovek. Mezi ty hlavní patří obrazovka „Overview“ pro zobrazení aktuálních hodnot, stavů a průběhů ovládaného vrátku. Obrazovka „Auxilliary“ slouží pro detailní přehled jednotlivých senzorů a monitorování dílčích senzorů a pohonů. „Diagnostic a Distribution“ jsou obrazovky s možností lokalizovat poruchu komunikace nebo napájení. „Alarm“ obrazovka umožňuje nahlédnout do všech alarmů a poruch systému. „Servis“ obrazovka umožňuje kalibraci dotykového panelu a přístup k funkcím operačního systému dotykového panelu „Windows CE“.

Objekty a funkční celky jsou znázorněny pomocí animovaných ikon tzv. „faceplate“. Na první pohled je vidět, je-li například motor v chodu nebo je-li zastaven, v poruše nebo v jakém ovládacím módu se nachází. Po rozkliknutí objektu je otevřena obrazovka typu „Pop Up“, obrazovka společná pro všechny objekty stejného typu, pouze se mění adresace datového prostoru, s kterým obrazovka pracuje.

7.3 Faceplate








Na obrazovkách HMI používáme ikony – zástupce určitých technologických částí nebo senzorů a pohonů, které nazýváme „Faceplate“. Jedná se ve většině případů o animované schematické značky. Jejich velkou výhodou je zobrazení vnitřních stavů a poruch pouze změnou barvy nebo drobnou značkou (vykřičník, dopravní značka „stop“ atd.)

Faceplate se skládá z několika pozadí a několika symbolů, které mění své vlastnosti, podle změny vnitřních stavů objektu. Například změnou barvy, zviditelněním nebo změnou pozice. Tyto vlastnosti jsou napojeny na Tagy objektu, který zastupují.






Obr. 30: Rozložený faceplate pro antikondenzační ohříváč

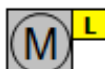



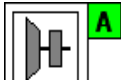
V aplikaci dotykového panelu pro řízení skipového vrátku jsou použity tyto základní animace zobrazení faceplate:

-  Připraveno – bez poruchy
-  Zastaveno; Blikající – Zastavuje
-  Běží – je v chodu; Blikající – Startuje
-  Varování; Blikající – Nepotvrzené varování operátorem
-  Porucha; Blikající – Nepotvrzená porucha operátorem
-  IO warning – Problém s HW vstupy nebo výstupy
-  Emergency stop – Nouzové zastavení je aktivní

Každá část technologického celku, kterou je možno ovládat nabývá těchto ovládacích módů:






-  Automatický mód, dálkové řízení
-  Manuální mód z HMI operátorského panelu
-  Lokální řízení, ovládacím pultem

V Aplikaci řízení skipového vrátku používáme tyto základní faceplate:





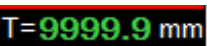




- | | |
|---|---|
| •  Pohon, Motor |  Pumpa |
| •  Ventilátor |  Ohřivač |
| •  Kotoučová Brzda | |

Základní zobrazení měřených hodnot je pomocí jednoduchých faceplate, které zobrazují hodnotu měřené veličiny a její limitní a poruchové stavy:

Digitální měření:

-  Digitální signál – logická „0“
-  Digitální signál – logická „1“
-  Připraveno – bez poruchy nebo varování
-  Varování
-  Porucha

Analogové měření:

-  Měření analogové hodnoty
-  Porucha výpočtu analogové hodnoty
-  Varování horního limitu Hi
-  Varování dolního limitu Lo
-  Porucha překročení limitu HiHi
-  Porucha překročení limitu LoLo
-   IO warning – Problém s HW vstupy nebo výstupy
-  Forced – Hodnota nastavená operátorem

7.4 PopUp obrazovky

V objektovém programování aplikace pro PLC využíváme jednoho předpisu funkčního bloku a pouze přiřazujeme různé paměťové prostory – Datové bloky. Vytváříme instance.

Při programování HMI je velice výhodné využít skutečnosti, že všechny instance jednoho funkčního bloku mají struktury se vstupními a výstupními daty vždy na stejných pozicích datového bloku a měníme pouze adresu, název datového bloku.

Vytváříme tedy jednu „PopUp“ obrazovku pro všechny analogové měření, jednu obrazovku pro ovládání jednoduchých pohonů, a vždy této obrazovce přiřadíme pouze jednu instanci datového bloku v PLC.

Realizace takové obrazovky je založena na možnosti vytvořit „HMI Tag“, který nemá absolutní adresu, ale je složen z proměnné (pointeru). V aplikaci skipového vrátka je použita proměnná typu integer „s_DB_num“

Standardní absolutní Tag teploty: `_TE1410_01_Sts.Val` `%DB1604.DBD286`

Relativní Tag PopUp obrazovky: `o_AnMeas_Sts.Val` `%DB[s_DB_num].DBD286`

Hodnota pointeru na datový blok se mění pomocí skriptu HMI aplikace napsaném v jazyce Visual Basic. Pokud operátor klikne na obrazovce dotykového panelu na faceplate objektu, je spuštěn skript, který naplní PopUpové konstanty, adresy tagů, název objektu, krátký popis a následně otevře PopUp obrazovku příslušného druhu objektu. Část tohoto skriptu je automaticky generována z definičních listin.

Na každé PopUp obrazovce je v dolní části tabulka alarmů s nastaveným filtrováním pouze pro daný objekt.

7.1 Hlavní obrazovky

Overview – je obrazovkou s hlavním ovládáním a indikací stavu skipového vrátku. V pravé části obrazovky se nachází ovládací panel. Je zde zobrazeno v jakém ovládacím režimu se skipový vrátek nachází, tlačítka s interlocky pro zobrazení podmínek uvolnění bezpečnostní brzdy, spuštění vrátku a chodu vrátku. Následují tlačítka pro ovládání vrátku, aktuální hodnoty žádané a skutečné rychlosti a v dolní části panelu se nacházejí indikátory nebezpečných stavů a událostí, např. nouzové zastavení nebo ztráta interlocků. V levé části se nachází grafický model skipového vrátku s rozmístěnými faceplate ikony všech hlavních technologické celků. Ve střední části je umístěn bargraf s indikací polohy obou skipových vozíků.

Auxiliary – obsahuje detailní pohled na jednotlivé technologické části. Jsou zde umístěny teploty motorů, faceplate ikony chladících ventilátorů motorů a antikondenzačních ohříváčů.

Pro hydraulickou jednotku je tu základní ovládání a indikátory tlaku a množství hydraulického oleje. V technologické části převodovky je umístěn faceplate senzoru rychlosti, množství a teplota převodového oleje a senzory prověšení tažných lan. Pro skipové vozíky je tu umístěna vypočtená hodnota prodloužení lana a aktuální poloha. Nejdůležitější je indikátor všech hříbových tlačítek nouzového zastavení v pravé dolní části obrazovky, pouze z tohoto místa je možné resetovat bezpečnostní relé a uvést vrátek znovu do chodu.

Alarms – obrazovka je rozdělena na 4 možné zobrazení:

- **Aktuální alarmy** – zobrazení poruch a varování, které jsou nepotvrzené nebo potvrzené, ale stále aktivní.
- **Historie alarmů** – otvírá historický log a kde operátor může listovat jednotlivými varováními a poruchami, které byly zaznamenány, 30 dní zpětně.
- **Eventy** – události jsou záznamem všech důležitých vnitřních stavů objektů skipového vrátku. Jsou zde zaznamenány i příkazy operátora z lokálního ovládacího pultu nebo příkazy z automatického řízení nadřazeným systémem
- **Systémové poruchy** – Jedná se o poruchy operátorského panelu nebo vizualizační aplikace, zobrazují např. ztrátu spojení s PLC, chybu v čtení z uložště SD karty nebo adresaci neexistujícího datového bloku v PLC.

Ve všech zobrazeních lze aplikovat filtr a zobrazit pouze alarmy některého objektu nebo technologické části. Filtr alarmů lze použít stisknutím tlačítka nebo pomocí textového pole.

Náhled jednotlivých obrazovek se nalézá v příloze této práce.

8 Testování řídicí a vizualizační aplikace

Testování řídicího software bylo rozděleno do 5 kroků

- Testování napojení vizualizační aplikace na datové bloky v PLC – v programu PLC byly uměle nastavovány všechny vnitřní stavy jednotlivých objektů a technologických skupin. Následně se na obrazovce operátorského panelu pozorovalo chování faceplate ikon zastupujících dané objekty. Druhým krokem bylo pozorování všech změn vnitřních stavů objektu na příslušné PopUp obrazovce. Zde byly testovány nejen vnitřní stavy ale i aktuální hodnoty měřených veličin a hodnoty mezivýpočtů (např. analogové měření teploty – mezivýsledky před filtrací apod.)
- Testování příkazů operátora – z operátorského panelu byly zasílány příkazy do řídicího systému a pozorovala se reakce změnou vnitřních stavů objektu. Stejně bylo ověřeno zadávání konstant z obrazovky do řídicího software.
- Testování simulace – je obdobný proces jako při 1. kontrole reálného zařízení při uvádění do provozu. Byl vyexportován IO list s adresami vstupů a výstupů do VAT tabulky PLC programu a byla ověřena správnost napojení simulovaných zařízení. Např. v simulační aplikaci byl vypnut jistící prvek napájení motorů a byla sledována změna logické hodnoty na adrese digitálního vstupu pro daný jistič. Takto byly ověřeny všechny vstupy a výstupy vedoucí do řídicího systému.
- Testování alarmů – nejprve byly otestovány alarmy vycházející přímo ze změny logické hodnoty na vstupech a výstupech řídicího systému. Již zmiňované vypnutí jistícího prvku musí způsobit vyvolání alarmu s textem označující jistící prvek a k jakému zařízení je připojen jištěný proudový okruh.

Druhou částí testování poruch je simulace kritických vnitřních stavů objektů. Například pokud zašleme z operátorského panelu příkaz na spuštění běhu chladicího ventilátoru, digitální výstup se sepne, ale zpětná vazba stykače se v simulační aplikaci zablokuje do trvalé logické nuly, je indikována „porucha spuštění“. Obdobným způsobem byly ověřeny všechny definované poruchy objektů technologie.

- Testování kritických situací – vychází z požadavků funkčního popisu na robustnost. Při chodu vrátku se simulovala porucha jednotlivých měničů a bylo ověřeno, že řídicí systém přepne provozní režim pouze na jeden motor s plným vytížením a dokončí proces tažení skipového vozíku. Další kritickou situací je porucha usměrňující jednotky, systém přepnul rozložení dodávané energie do meziobvodu měničů z 50% - 50% na režim jedné usměrňující jednotky v 100% vytížení. Bylo odzkoušeno nouzové zastavení, kdy frekvenční měniče

kontrolovaně pomocí safety funkce sníží rychlost skipu na nulovou hodnotu a brzdy na motorech se sevřou až při velmi nízkých otáčkách. Nakonec byla simulována velmi kritická situace, problému komunikace na profibusu, kdy bylo ověřeno okamžité sevření bezpečnostních brzd na lanovém navíjecím bubnu skipového vrátku.

9 Závěr

Cílem mé práce bylo navrhnutí a implementování robustní řídicí aplikace pro ovládání pohonů skipového vrátku, včetně vizualizační aplikace operátorského panelu pro diagnostikování poruch v systému. Řídicí systém a naprogramované funkce programu PLC byly testovány na vytvořené simulační aplikaci v programu WinMOD.

Analyzoval jsem vstupní podklady projektu a rozvrhl definiční listiny pro návrh programu PLC a vizualizační aplikace operátorského panelu. Při vytváření vizualizační aplikace v prostředí TIA Portal WinCC jsem narazil na spousty problémů stability vývojového software. Problémy pramení ze skutečnosti, že TIA Portal WinCC verze 11, kterou jsem používal, je i výrobcem označována za neúplnou a nestabilní pro rozsáhlejší aplikace. Problémy jsem konzultoval s podpůrným oddělením firmy Siemens a našel zjednodušení, které vedlo k optimálnímu řešení stabilní aplikace.

Programování PLC jsem započal v čase, kdy byly na vizualizační aplikaci připraveny základní jednoduché faceplate. Vycházel jsem z funkčního popisu jednotlivých objektů technologie, manuálů výrobců a z vlastních zkušeností z jiných projektů s obdobnými komponenty (např. řízení pásových dopravníků). Naprogramované celky a proces tažení skipových vozíků jsem testoval s vytvořenou simulační aplikací.

Funkční bloky programu PLC pro frekvenční měniče jsem testoval na reálném zařízení (Frekvenční měnič, 3 fázový motor, elektricky ovládaná kotoučová brzda) ve školicím středisku firmy Ingeteam a.s. Program pro usměrňující jednotky, diagnostiku profibusu a poruchy jističích prvků jsem testoval na reálném řídicím systému a el. rozvaděcích skipového vrátku.

Řídicí systém a vizualizační aplikace byla předvedena zástupcům koncového zákazníka – turecké železárny Kardemir a.s., kteří neměli vážnějších připomínek. Proběhla pouze diskuze vyjasňující komunikační rozhraní s nadřazeným systémem vysoké pece a přístupová práva k obrazovkám pro různé úrovně přihlášení operátorů do vizualizační aplikace.

Tato práce je prvním projektem pro tvorbu vizualizačních aplikací v prostředí TIA Portal WinCC a jednotlivé faceplate a vytvořené skripty budou použity na budoucích projektech. Pro přechod z vývojového prostředí „WinCC Flexible“ bylo nutné upravit skripty pro generování alarmů, tagů a textlistů. Import do TIA Portal WinCC je rozdílném formátu. Pro další práci v TIA Portal WinCC je nutné vyřešit skripty pro zobrazování a automatické generování interlocků v jazycích, které používají speciální znaky (např. Azbuka), rozšířit knihovnu faceplate ikon pro další zařízení a vytvořit vhodné rozhraní pro zobrazování grafů a trendů.

Uvádění do provozu skipového vrátku je plánováno na květen 2014.

Použitá literatura

- [1] Paul Wurth a.s.: D825_12 Skip Function description, 2012, 6-PWCZ 825-12- 006116 0
- [2] Paul Wurth a.s.: D825_12 Skip configuration description, 2012, 6-PWCZ 825-12- 006181 0
- [3] Tyšer J.: Definiční listina, Ingeteam a.s., 2013,
- [4] Koziorek J.: Programovatelné automaty a vizualizace řídicích systémů. Výukový text pro studenty oboru Měřicí a řídicí technika, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009.
- [5] Siemens, Simotion Scout Communication, System Manual, 2010.
- [6] Siemens, Sinamics S120 Control Units and additional system components, Manual, 2009.
- [7] Koziorek J., a kol.: Distribuované systémy řízení, VŠB – Technická univerzita Ostrava. 2011, ISBN 978-80-248-2599-1

Internetové odkazy

- [8] Internetové stránky firmy Siemens
URL: <<http://www.siemens.cz>> [cit. 2013-04-15].
- [9] Siemens TIA Portal
URL: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=2416f2e791&ctxp=doc_prospekty> [cit. 2013-04-15].
- [10] Internetové stránky firmy Mewes & Partner GmbH
URL: <<http://www.mewes-partner.de>> [cit. 2013-04-20].
- [11] Internetové stránky firmy Siemens
URL: <www.automation.siemens.com> [cit. 2013-04-25].
- [12] Internetové stránky firmy Sick
URL: <<http://www.sick.com>> [cit. 2013-04-30].
- [13] Zezulka F., a kol.: Programovatelné automaty, učební texty, VUT Brno, 2010.

Seznam příloh

- I. Komunikační interface Profibusu motorových modulů
a usměrňujících jednotek ALM
- II. Náhled obrazovek simulační aplikace
- III. Náhled obrazovek vizualizační aplikace
- IV. PI diagram
- V. Instrumentační, motorová listina

Příloha I. – Komunikační interface Profibusu motorových modulů a usměrňujících jednotek ALM

Interface motorového modulu – Frekvenčního měniče

VvfvOut			20	BYTE	
0	0	On_Off1	BOOL	FALSE	On/Off1 P840[0]
0	1	Off2	BOOL	FALSE	Off2 P844[0]
0	2	Off3	BOOL	FALSE	Off3 P848[0]
0	3	Enb	BOOL	FALSE	Enable P852[0]
0	4	EnbRmp	BOOL	FALSE	Enable ramp-function gener. (not used, always log.1) P1140[0]
0	5	StrRmp	BOOL	FALSE	Start ramp-function gener. (not used, always log.1) P1141[0]
0	6	EnbSpdSp	BOOL	FALSE	Enable speed-setpoint (not used, always log.1) P856[0]
0	7	FltAck	BOOL	FALSE	Acknowledge Fault P2103[0]
1	0	Spare1_0	BOOL	FALSE	
1	1	Spare1_1	BOOL	FALSE	
1	2	CtrlPlc	BOOL	FALSE	Control by PLC P854[0]
1	3	Spare1_3	BOOL	FALSE	
1	4	Spare1_4	BOOL	FALSE	
1	5	Spare1_5	BOOL	FALSE	
1	6	Spare1_6	BOOL	FALSE	
1	7	Spare1_7	BOOL	FALSE	
2	0	Spare2_0	BOOL	FALSE	
2	1	MDSSel	BOOL	FALSE	Define connection motor (log.0-connection motor 1, log.1-connection motor 2)
2	2	SlvMode	BOOL	FALSE	Master log.0 / Slave log.1 connected in DCC
2	3	BrkMonOpn	BOOL	FALSE	Brake monitor Open P1223
2	4	BrkMonCls	BOOL	FALSE	Brake monitor Cls P1222
2	5	ClsCtrlOpr	BOOL	FALSE	Closed-loop control operation (from Infeed r0863.0=log.1 - ready) P0864
2	6	Dsb	BOOL	FALSE	Disable CU
2	7	FwdBwd	BOOL	FALSE	Log.1 - Forward ; Log0 Backward
3	0	Spare3	BYTE	0	
4	0	Spare4	DINT	L#0	
8	0	MSPdSp	INT	0	Master speed setpoint (%)
10	0	MLmSp	INT	0	Torque limitation setpoint (%)
12	0	Spare12	INT	0	Spare
14	0	Spare14	INT	0	Spare
16	0	SlvTrqLs	INT	0	Torque from master - LoadShare
18	0	StrTrqOvr	INT	0	StartUpTorqueOverride

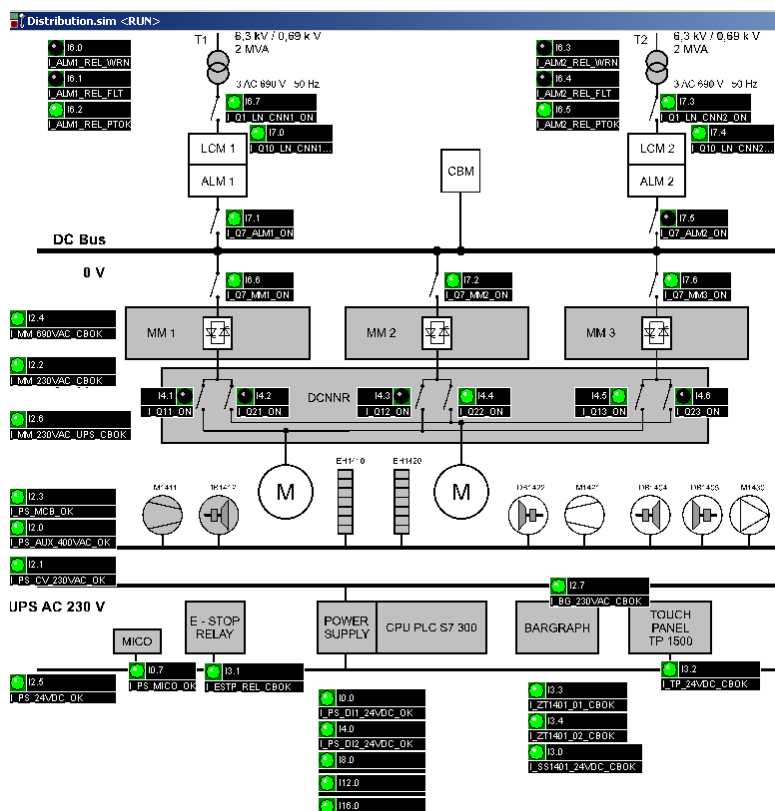
VvfvIn			20	BYTE	
0	0	RdyToPwrUp	BOOL	FALSE	Ready to power up r0899.0
0	1	Rdy	BOOL	FALSE	Ready r0899.1
0	2	OprEnb	BOOL	FALSE	Operation enabled r0899.2
0	3	JogAct	BOOL	FALSE	Jog active (not used in PLC) r0899.3
0	4	NotOff2	BOOL	FALSE	No coasting active r0899.4
0	5	NotOff3	BOOL	FALSE	No quick stop active r0899.5
0	6	PwrOnInh	BOOL	FALSE	Power on inhibit active r0899.6
0	7	DrvRdy	BOOL	FALSE	Drive ready r0899.7
1	0	CtrEnb	BOOL	FALSE	Controller enable (not used in PLC) r0899.8
1	1	CtrRq	BOOL	FALSE	Control request from PB r0899.9
1	2	Spare1_2	BOOL	FALSE	
1	3	PulsEnb	BOOL	FALSE	Pulses enabled r0899.11
1	4	BrkOpn	BOOL	FALSE	Holding brake open (not used in PLC) r0899.12
1	5	CmdBrkOpn	BOOL	FALSE	Command open holding brake r1229
1	6	PulsEnbBrkCtrl	BOOL	FALSE	Pulse enable from brake control (not used in PLC)
1	7	SpEnbBrkCtrl	BOOL	FALSE	Setpoint enable from brake control (not used in PLC)
2	0	AckRung	BOOL	FALSE	Acknowledge running (not used in PLC)
2	1	Spare2_1	BOOL	FALSE	
2	2	Spare2_2	BOOL	FALSE	
2	3	Flt	BOOL	FALSE	Fault active r2139.3
2	4	Spare2_4	BOOL	FALSE	
2	5	Spare2_5	BOOL	FALSE	
2	6	IntMsgPrsnt	BOOL	FALSE	Internal message 1 present (not used in PLC)
2	7	Alarm	BOOL	FALSE	Alarm active r2139.7
3	0	STO_Sel	BOOL	FALSE	STO selected in drive (not used in PLC)
3	1	STO_Act	BOOL	FALSE	STO active in drive
3	2	SS1_DlyTmAct	BOOL	FALSE	SS1 delay time active in the drive (not used in PLC)
3	3	SBC_Rq	BOOL	FALSE	SBC requested (not used in PLC)
3	4	SS1_Sel	BOOL	FALSE	SS1 selected in the drive (not used in PLC)
3	5	SS1_Act	BOOL	FALSE	SS1 active in the drive
3	6	ShtDwnPthRqTst	BOOL	FALSE	Shutdown paths must be tested
3	7	Spare3_7	BOOL	FALSE	
4	0	Spare4	INT	0	
6	0	Spare6	INT	0	
8	0	NAv	INT	0	Speed actual value (%)
10	0	MAv	INT	0	Torque actual value (%)
12	0	IAv	INT	0	Current actual value (%)
14	0	AlmCode	WORD	W#16#0	Alarm code
16	0	FltCode	WORD	W#16#0	Fault code
18	0	MstTrqLs	INT	0	Torque for Slave- LoadShare

Interface usměrňující jednotky – Active Line Module

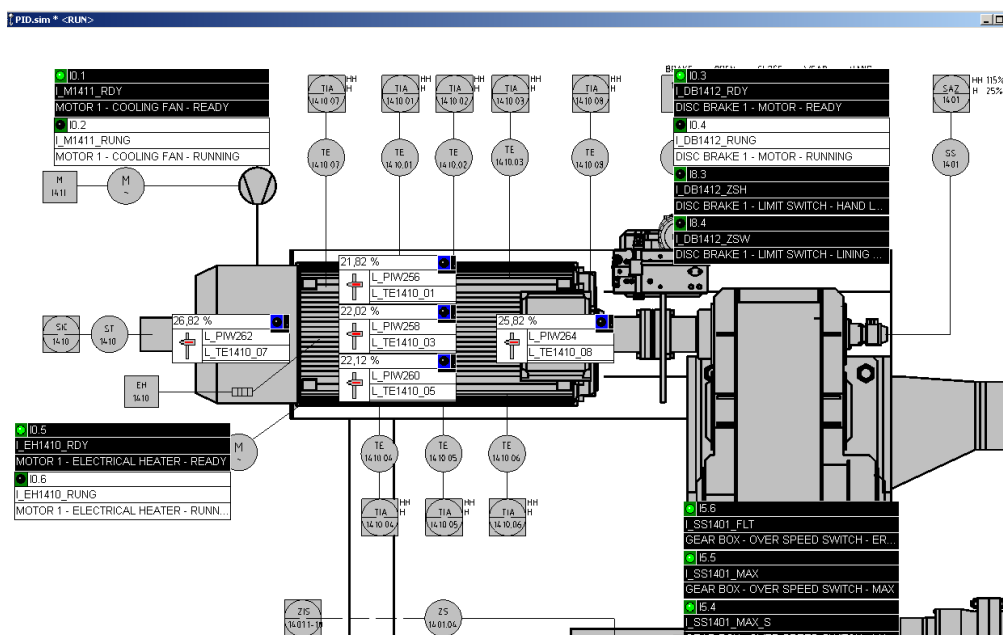
ALMOut			20	BYTE	
0	0	On_Off1	BOOL	FALSE	On/Off1
0	1	Off2	BOOL	FALSE	Off2
0	2	Spare0_2	BOOL	FALSE	
0	3	Enb	BOOL	FALSE	Enable P852[0]
0	4	Spare0_4	BOOL	FALSE	
0	5	Spare0_5	BOOL	FALSE	
0	6	Spare0_6	BOOL	FALSE	
0	7	FltAck	BOOL	FALSE	Fault acknowledge
1	0	Spare1_0	BOOL	FALSE	
1	1	Spare1_1	BOOL	FALSE	
1	2	CtrlPlc	BOOL	FALSE	Control by PLC
1	3	Spare1_3	BOOL	FALSE	
1	4	Spare1_4	BOOL	FALSE	
1	5	Spare1_5	BOOL	FALSE	
1	6	Spare1_6	BOOL	FALSE	
1	7	Spare1_7	BOOL	FALSE	
2	0	Master_Slave	BOOL	FALSE	0: Master ; 1: Slave
2	1	Spare2_1	BOOL	FALSE	
2	2	Spare2_2	BOOL	FALSE	
2	3	Spare2_3	BOOL	FALSE	
2	4	Spare2_4	BOOL	FALSE	
2	5	Spare2_5	BOOL	FALSE	
2	6	Spare2_6	BOOL	FALSE	
2	7	Spare2_7	BOOL	FALSE	
3	0	Spare3	BYTE	0	
4	0	Spare4	INT	0	
6	0	Spare6	INT	0	
8	0	Spare8	INT	0	
10	0	Spare10	INT	0	
12	0	Spare12	INT	0	
14	0	Spare14	INT	0	
16	0	Pstp_Master	INT	0	Load share from Master

ALMIn			20	BYTE	
0	0	RdyToPwrUp	BOOL	FALSE	Ready to power up
0	1	Rdy	BOOL	FALSE	Ready
0	2	OprEnb	BOOL	FALSE	Operation enabled
0	3	Flt	BOOL	FALSE	Fault active
0	4	NotOff2	BOOL	FALSE	No off2 active
0	5	Spare0_5	BOOL	FALSE	
0	6	PwrOnInh	BOOL	FALSE	Power on inhibit
0	7	Alarm	BOOL	FALSE	Alarm active
1	0	Spare1_0	BOOL	FALSE	
1	1	PlcCtrlRq	BOOL	FALSE	Control request by PLC
1	2	Spare1_2	BOOL	FALSE	
1	3	PreChrgOk	BOOL	FALSE	Pre-charging complete
1	4	CntrClsd	BOOL	FALSE	Line contactor closed
1	5	Spare1_5	BOOL	FALSE	
1	6	CLCOpr	BOOL	FALSE	Closed-loop control operation (r863.0)
1	7	IntMsg	BOOL	FALSE	Internal message active
2	0	Off1EnbMss	BOOL	FALSE	OFF1 enable missing
2	1	Off2EnbMss	BOOL	FALSE	OFF2 enable missing
2	2	Off1EnbIntMss	BOOL	FALSE	OFF1 enable internal missing
2	3	Off2EnbIntMss	BOOL	FALSE	OFF2 enable internal missing
2	4	UndrVltg	BOOL	FALSE	Undervoltage
2	5	Spare2_5	BOOL	FALSE	
2	6	Spare2_6	BOOL	FALSE	
2	7	Spare2_7	BOOL	FALSE	
3	0	Spare3	BYTE	0	
4	0	VoltDcAv	INT	0	0 DC link voltage actual value (%) r26
6	0	CurrAv	INT	0	0 Current actual value (%) r27
8	0	PwrAv	INT	0	0 Power actual value (%) r32
10	0	TempAv	INT	0	0 Unit temperature actual value (%)
12	0	Spare12	INT	0	
14	0	AlmCode	WORD	W#16#0	Alarm code r2132
16	0	FltCode	WORD	W#16#0	Fault code r2131

Příloha II. – Náhled obrazovek simulační aplikace

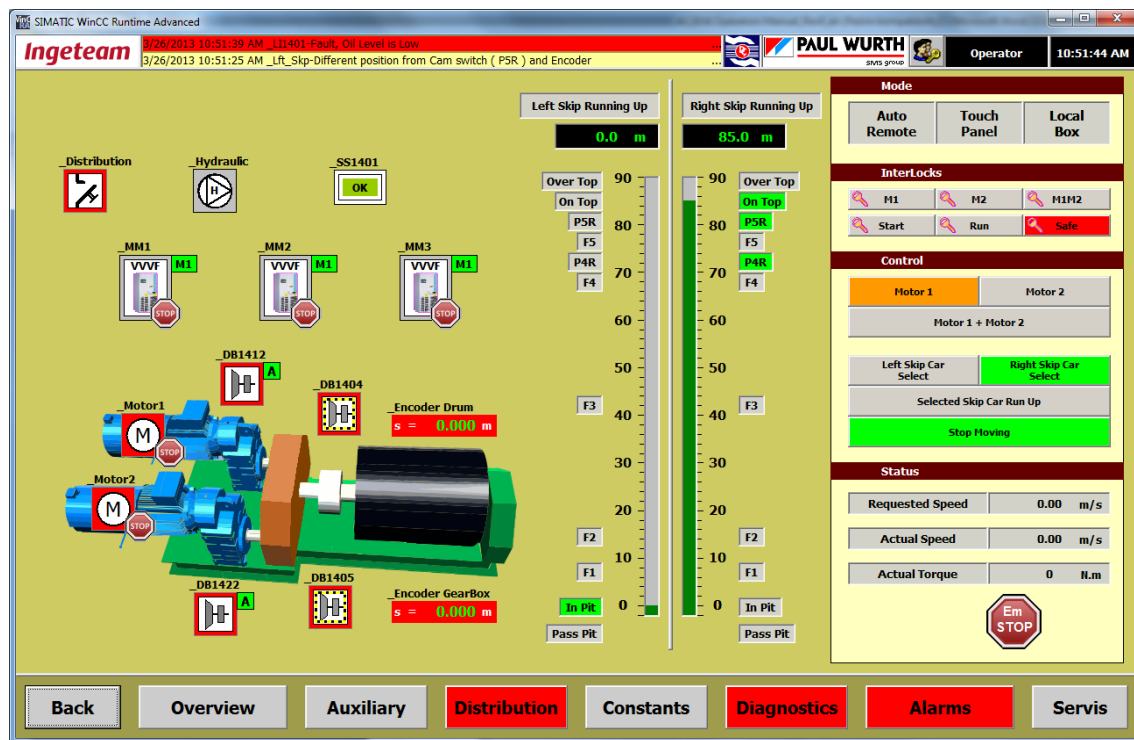


Obr. 31: Obrazovka distribuce napájení jednotlivých zařízení technologie skipového vrátku



Obr. 32: Náhled přehledové obrazovky s rozmístěnými simulovanými hodnotami na PI diagramu

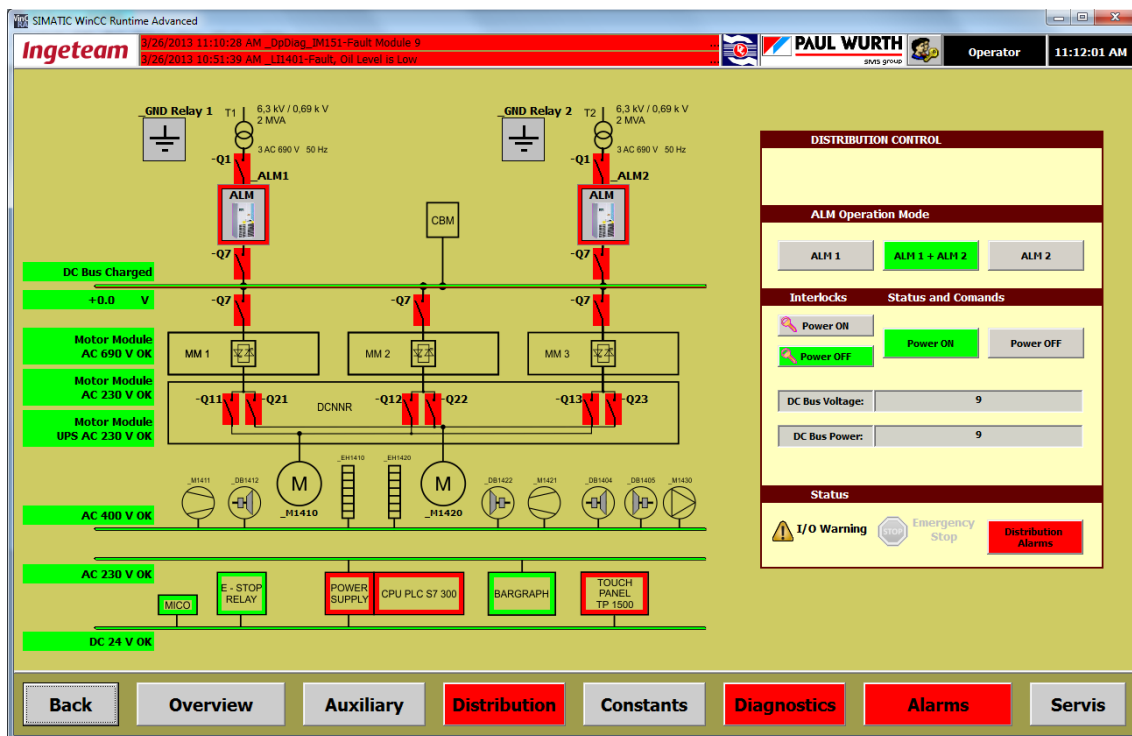
Příloha III. – Náhled obrazovek vizualizační aplikace



Obr. 33: Overview obrazovka



Obr. 34: Auxiliary obrazovka



Obr. 35: Obrazovka distribuce napájení

Skip Winch

Speed in F1	2.80 m/s
Acceleration in F1	0.20 m/s ²
Speed in F2	2.80 m/s
Acceleration in F2	0.40 m/s ²
Speed in F3	2.80 m/s
Speed in F4	0.50 m/s
Deceleration in F4	0.60 m/s ²
Speed in F5	0.50 m/s
Speed in F6	0.00 m/s
Speed in Local Spd 1	0.20 m/s
Acceler. in Local Spd 1	0.20 m/s ²
Deceler. in Local Spd 1	0.60 m/s ²
Speed in Local Spd 2	0.40 m/s
Acceler. in Local Spd 2	0.20 m/s ²
Deceler. in Local Spd 2	0.60 m/s ²
Speed in Local Spd 3	0.50 m/s
Acceler. in Local Spd 3	0.20 m/s ²
Deceler. in Local Spd 3	0.60 m/s ²
Maximum Difference Of Encoders value	0.0100 m

Left Skip Car

Position = Encoder + Offset - Extension

Drum Offset:	0.0000 m
Max Rope Extension:	1.0000 m
Pass Pit Point	-0.30 m
In Pit Point	0.00 m
P1 - End of F1	1.00 m
P2 - End of F2	8.40 m
P3 - End of F4	69.90 m
P4R - Checking speed	74.90 m
P4 - End of F4	76.30 m
P5R - Checking BLF	79.20 m
P5 - End of S Curves	84.30 m
P6 - On Top	84.50 m
P7 - Over Top	85.00 m

Right Skip Car

Position = Offset - Encoder - Extension

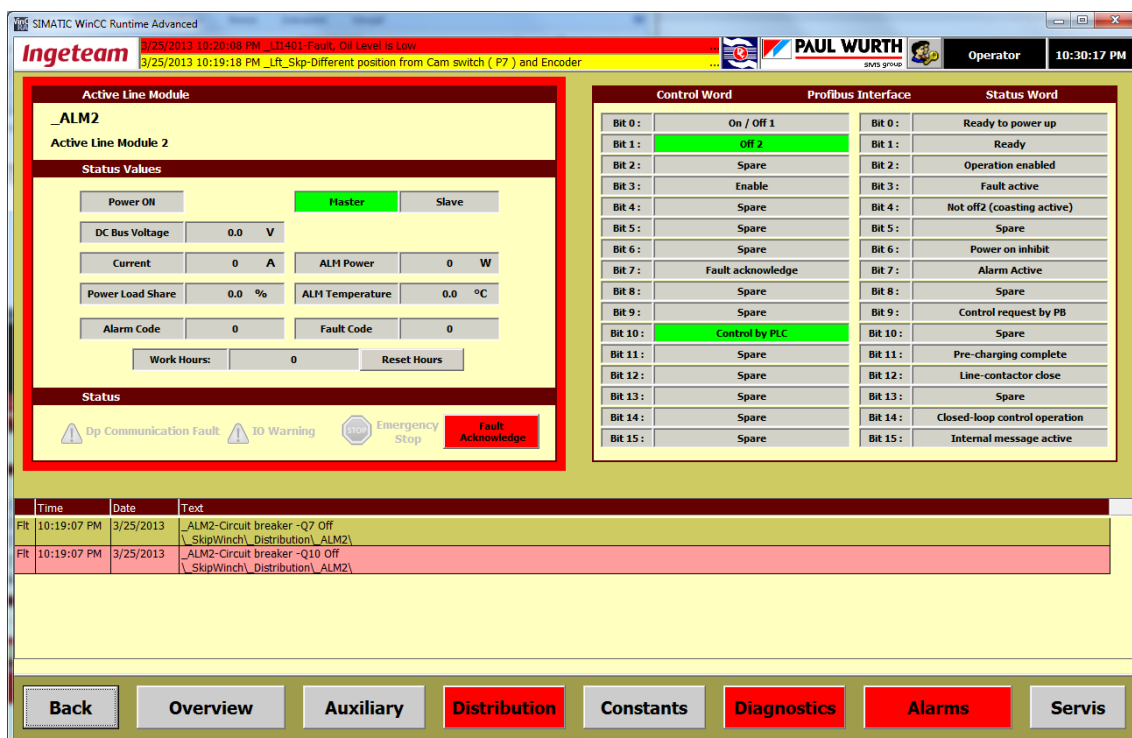
Drum Offset:	84.9900 m
Max Extension:	1.0000 m
Pass Pit Point	-0.30 m
In Pit Point	0.00 m
P1 - End of F1	1.00 m
P2 - End of F2	8.40 m
P3 - End of F4	69.90 m
P4R - Checking speed	74.90 m
P4 - End of F4	76.30 m
P5R - Checking BLF	79.20 m
P5 - End of S Curves	84.30 m
P6 - On Top	84.50 m
P7 - Over Top	85.00 m

Back Overview Auxiliary **Distribution** Constants Diagnostics Alarms Servis

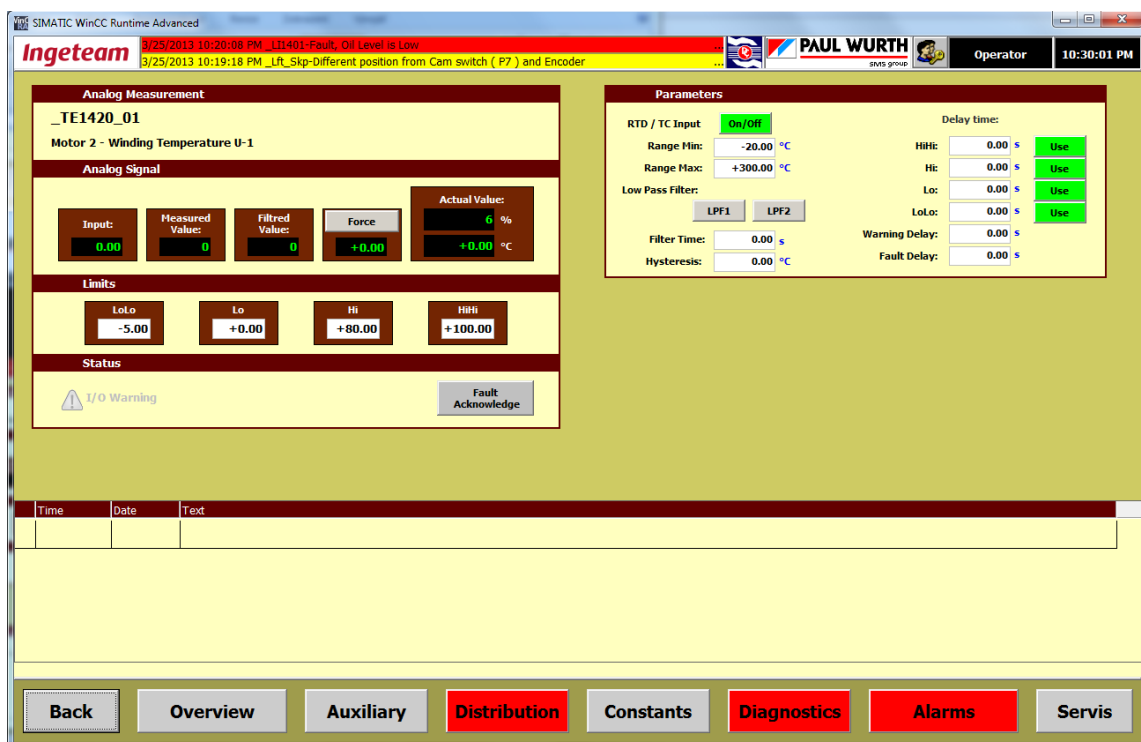
Obr. 36: Obrazovka nastavení konstant pro řídicí systém



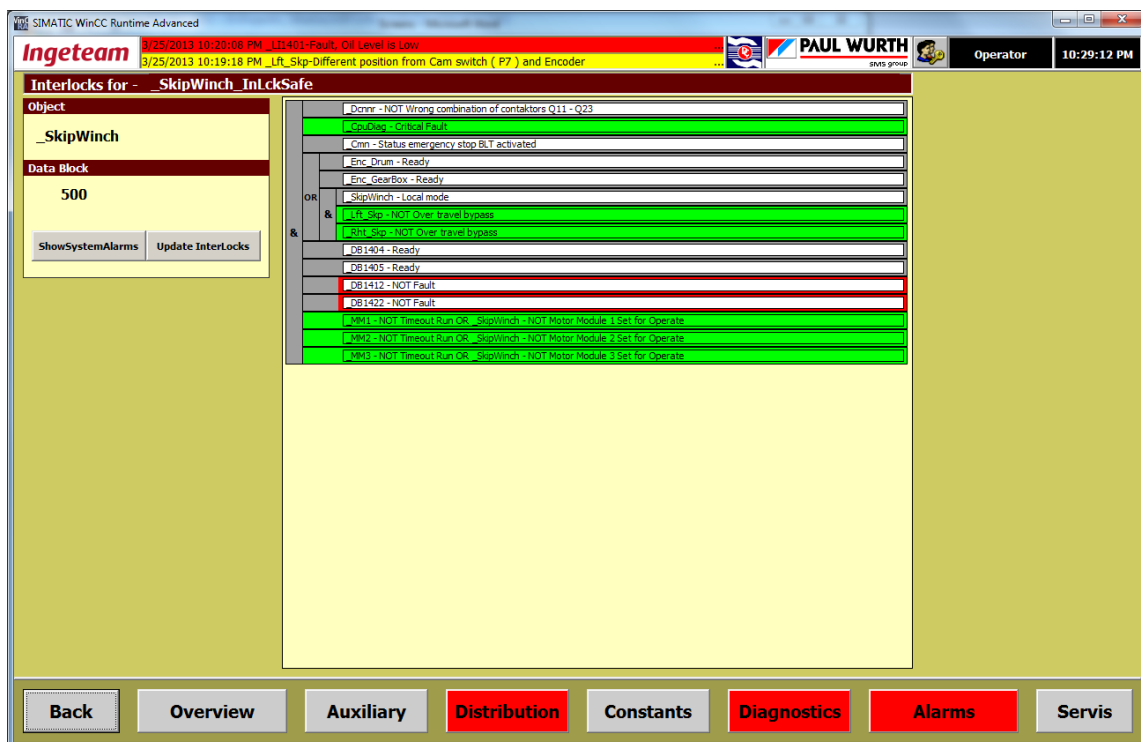
Obr. 39: Obrazovka pro kalibraci a nastavení operátorského dotykového panelu



Obr. 40: PopUp obrazovka frekvenčního měniče



Obr. 41: PopUp obrazovka analogového měření teploty motoru



Obr. 42: PopUp obrazovka zobrazení interlocků pro uvolnění bezpečnostních brzd skipového vrátku